

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

«Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ  
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ  
ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΞΥΛΕΙΑ»

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΜΑΡΝΕΛΛΟΣ  
ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ:

ΚΟΜΠΕΛΙΤΟΥ ΜΑΡΙΑ Α.Ε.Μ.:43

ΚΟΣΚΙΝΑ ΕΙΡΗΝΗ Α.Ε.Μ.:45

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το Τμήμα των Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων λειτουργήσε για πρώτη φορά τον Οκτώβριο του 1999 ως παράρτημα του Α.Π.Θ. Στην πρώτη «φουρνιά» των φοιτητών, που ήρθαν και ολοκλήρωσαν τις σπουδές τους στο τμήμα αυτό, ανήκουμε κι εμείς. Καθετί καινούργιο έχει δυσκολίες αλλά σου προσφέρει τη δυνατότητα να προσπαθήσεις να το φτιάξεις όπως νομίζεις καλύτερο. Από την πλευρά μας, ως φοιτήτριες, προσπαθήσαμε να αξιοποιήσουμε όλες τις ευκαιρίες που μας έδωσε η σχολή για να αποκτήσουμε γνώσεις και η διπλωματική εργασία μας αποτελεί απόδειξη γι' αυτό.

Αφορμή για την ανάληψη αυτής της εργασίας αποτέλεσε το γεγονός ότι η πόλη και η ευρύτερη περιοχή στην οποία φοιτήσαμε αποτελεί την ενεργειακή καρδιά της Ελλάδας και επιδέχεται βλαβερές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας τα οποία καίνε ορυκτά καύσιμα. Ασφαλώς, ο λιγνίτης είναι εγχώριο καύσιμο που μας προσφέρει μερική ενεργειακή ανεξαρτησία, ωστόσο η Ελλάδα διαθέτει και άλλες πηγές ενέργειας και μάλιστα ανανεώσιμες. Η ξυλεία ως κομμάτι της βιομάζας μπορεί να συμβάλει στην παραγωγή ενέργειας με χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ζώντας στην περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας όπου υπάρχουν πλούσιες δασικές εκτάσεις, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί αυτός ο πόρος, κυρίως σε αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις, αντικαθιστώντας μέρος του καταναλισκόμενου λιγνίτη.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει γίνει για το Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας (από τις αρχές του 2004) με την συμβολή του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Στερεών Καυσίμων (μέλος του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης) που εδρεύει στην Πτολεμαΐδα. Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε, για τη βοήθειά του, τον Δρ. Μαρνέλο Γιώργο, Λέκτορα του τμήματος Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων του Π.Δ.Μ., που ως επιβλέπων καθηγητής μας συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν στον Δρ. Καρλόπουλο Ευάγγελο, Μηχανικό του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Στερεών Καυσίμων, που δίχως την πολύτιμη βοήθειά του θα ήταν πολύ δύσκολο να εμβαθύνουμε τόσο στο αντικείμενο της εργασίας μας. Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσουμε και τον κύριο Παυλουδάκη Φραγκίσκο, Δρ Μηχανικό Ορυκτών Πόρων και Υποτομεάρχη του Τομέα Προστασίας Περιβάλλοντος και Αποκατάστασης Εδαφών (Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας) που μας βοήθησε στη συλλογή πληροφοριών για τη συγγραφή του έργου.

Τέλος, τις μεγαλύτερες ευχαριστίες μας θα θέλαμε να δώσουμε στις οικογένειές μας, που χωρίς τη στήριξη τους δεν θα τα είχαμε καταφέρει.

Ελπίζουμε η διπλωματική αυτή εργασία να βοηθήσει καθένα που ασχολείται με το ενεργειακό γίνεσθαι της χώρας και να συμβάλει στο να γίνει συνείδηση όλων η αξία την άμεσης ενεργειακής αξιοποίησης του ξύλου.

Κοζάνη, Νοέμβριος 2004

Κομπελίτου Μαρία  
Κοσκινά Ειρήνη

Α.Π.Θ. - ΤΜΗΜΑ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ  
Αριθμ. Εισαγ.:... 1261  
Ημερομηνία:... 9/11/04

### Περίληψη

Η αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων κάθε χώρας αποτελεί την καλύτερη δυνατή επιλογή για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της. Σε συνδυασμό με την προσπάθεια για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αύξηση της συμμετοχής των Α.Π.Ε στο ενεργειακό ισοζύγιο της κάθε χώρας μέλους την Ευρωπαϊκής Ένωσης καθιστούν επιτακτική την ανάγκη αξιοποίησης της βιομάζας, ως Α.Π.Ε., στη χώρα μας.

Πιο συγκεκριμένα, η ξυλεία, ως σημαντικό κομμάτι της βιομάζας, κατέχει ήδη μεγάλο ποσοστό στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας στην Ευρώπη, ενώ το δυναμικό της υπόσχεται εξαιρετική προοπτική ανάπτυξης. Για την Ελλάδα, η οποία διαθέτει βιομάζα δασικής προέλευσης, είναι σκόπιμο να διερευνηθεί με ποιους τρόπους και σε ποιο βαθμό μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς.

Στη μελέτη αυτή, παρουσιάζονται το δυναμικό της ξυλείας σε Ελλάδα και Ευρώπη, οι εργασίες που απαιτούνται για την ενεργειακή αξιοποίηση του ξύλου καθώς και οι προοπτικές που διαθέτει το συγκεκριμένο καύσιμο για να αξιοποιηθεί στην Ελλάδα, έπειτα από απευθείας καύση, για συμπαραγωγή και μάλιστα αποκεντρωμένη. Τα παραπάνω βασίζονται σε καταγραφή των υπάρχοντων τεχνολογιών και δεδομένων, ενώ πριν την ολοκλήρωση της μελέτης γίνεται πρακτική εφαρμογή των γνώσεων σε μια μελέτη ευαισθησίας ενός εργοστασίου επεξεργασίας ξύλου, που βρίσκεται στην Γερμανία και θα μπορούσε να αντιστοιχισθεί στην ελληνική πραγματικότητα. Έπειτα και από αυτή την παρουσίαση, παρουσιάζονται οι προοπτικές για την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας στην Ελλάδα.

αυτικών

πρόστα

αξιοπο

απαιτεί

Έκαστη

Στη με

πηγές η

μενη, η

στην εσ

η επιεί

ση της

ομού τ

Αιργον

πρωτο

σικά κ

απτόμ

Τέλος

επιστά

Αμ

ατός

βιομά

με δ

υποκ

κτός

συμ

δασ

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων κάθε χώρας αποτελεί την καλύτερη δυνατή επιλογή για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της. Σε συνδυασμό με την προσπάθεια για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αύξηση της συμμετοχής των Α.Π.Ε στο ενεργειακό ισοζύγιο της κάθε χώρας μέλους την Ευρωπαϊκής Ένωσης καθίσταται επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης της βιομάζας, ως Α.Π.Ε., στη χώρα μας. Σε αυτή την εργασία έχει γίνει προσπάθεια να αναλυθεί η έννοια της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας από ξυλεία, τα επιμέρους βήματα για να γίνει η αξιοποίηση αυτή και οι προοπτικές που διαθέτει ως καύσιμο στη χώρα μας. Ολοκληρώνοντας την διπλωματική, παρουσιάζεται μια μελέτη βιωσιμότητας και ευαισθησίας για τις εγκαταστάσεις συμπαραγωγής.

Αρχικά, ορίζεται η βιομάζα, η οποία είναι, ουσιαστικά, η οργανική ύλη της γης. Πηγές της μπορούν να είναι το ξύλο, τα γεωργικά υπολείμματα, οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα απόβλητα διαφόρων προελεύσεων. Η βιοενέργεια παράγεται σε κύκλο. Η αέναη χρήση των φυσικών ενεργειακών ροών ελαχιστοποιεί την εκπομπή ρύπων στον αέρα, τους ποταμούς και τους ωκεανούς. Η Ευρωπαϊκή Ένωση διαθέτει το δυναμικό και αξιοποιεί την σημαντική αυτή πηγή ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι, κατά το έτος 2001, το μερίδιο της βιομάζας στην κατανάλωση ενέργειας στον πρωτογενή τομέα για τις 15 χώρες μέλη ανήλθε στο 3.8%. Στην Ελλάδα, το αντίστοιχο ποσοστό για το έτος 2000 κατέλαβε το 67.41%. Ευεργετικές συνέπειες από την χρήση της βιομάζας αποτελούν οι μειωμένες εκπομπές θείου, οξειδίων του αζώτου, κατά την ενεργειακή μετατροπή της, αποφεύγεται η χρήση άνθρακα και άλλων ορυκτών καυσίμων, και παράλληλα μειώνονται οι εκπομπές οσμών. Συνεπώς, προστατεύεται η ποιότητα των υδάτων και των γαιών, ενώ οι τελευταίες αξιοποιούνται πληρέστερα. Ωστόσο για την καλύτερη αξιοποίηση της βιομάζας απαιτείται ενεργειακή πολιτική των κρατών που να την προάγει. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ορίσει τα βασικά «εργαλεία» για την πραγμάτωση των ενεργειακών

Στη συνέχεια, αναφέρονται συνοπτικά οι πηγές βιομάζας και αναλύονται οι πηγές της ξυλείας. Η ξυλεία μπορεί να είναι δασικής προέλευσης ή απορριπτόμενη. Η κάθε πηγή τώρα ξυλείας χωρίζεται σε υποκατηγορίες βοηθώντας έτσι στην επιλογή της μετέπειτα πορείας της. Με αυτό τον τρόπο δηλαδή επιλέγεται η επεξεργασία και η τελική χρήση της. Οι κατηγορίες αυτές είναι στην περίπτωση της δασικής ξυλείας τα καυσόξυλα, τα προϊόντα καλλιέργειας και καθαρισμού των δασών, τα υπολείμματα δασικών υλοτομιών, η ξυλεία στα υποκαλλιεργούμενα δάση και η ξυλεία από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Στην περίπτωση της απορριπτόμενης ξυλείας οι υποκατηγορίες είναι τα πριονίδια, τα αστικά υπολείμματα ξύλου και τα υπολείμματα δέντρων. Τα διάφορα είδη απορριπτόμενης ξυλείας επαναδιαχωρίζονται λόγω των επιβαρύνσεων που έχουν. Τέλος, εξετάζεται ο ρόλος της ξυλείας ως καύσιμο, με σημαντικό σταθμό την επισκόπηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων.

Αμέσως μετά γίνεται αναφορά στο σύνολο του κύκλου αξιοποίησης της ξυλείας, ξεκινώντας από την προμήθεια και καταλήγοντας στην μετατροπή της βιομάζας. Η προμήθεια της βιομάζας γίνεται είτε μέσω της χρήσης των δασών (με διάφορες μεθόδους συγκομιδής) είτε μέσω της χρήσης των βιομηχανικών υπολειμμάτων. Έπειτα χρειάζεται η μεταφορά της ξυλείας στον τόπο αποθήκευσης. Η μεταφορά γίνεται σε κοντινές αποστάσεις με φορτηγά, έτσι ώστε να συμφέρει οικονομικά η επένδυση. Η αποθήκευση μπορεί να γίνει είτε μέσα στο δάσος, είτε στον χώρο επεξεργασίας. Η προεπεξεργασία, που ακολουθεί, δια-

φέρει ανάλογα με το αν το ξύλο προέρχεται από το δάσος ή από τα απορρίμματα. Επειδή η βιομάζα είναι δύσκολο να συλλεχθεί, να αποθηκευτεί, να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί, έχουν καταβληθεί προσπάθειες να συμπιεστεί. Τέλος, για την μετατροπή της ξυλείας ακολουθούνται διαφορετικές διεργασίες, είτε θερμοχημικές, είτε βιοχημικές, είτε φωτοβιολογικές, ανάλογα με την τελική επιθυμητή χρήση. Στην περίπτωση της μελέτης μας, η τελική χρήση είναι η ενεργειακή και αυτές οι διεργασίες που απαιτούνται είναι οι θερμοχημικές.

Οι θερμοχημικές διεργασίες είναι η καύση, η αεριοποίηση και η πυρόλυση. Η καύση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε σε εσχάρα είτε σε ρευστοποιημένη κλίνη ( αναβράζουσα ή με ανακυκλοφορία). Η αεριοποίηση πραγματοποιείται σταδιακά ξεκινώντας από την ξήρανση, περνώντας στην πυρόλυση και καταλήγοντας στην μερική οξειδωση. Οι αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται στην αεριοποίηση είναι οι αντιδραστήρες πυκνής μορφής και οι αντιδραστήρες αραιής μορφής. Η πυρόλυση μπορεί να είναι είτε βραδεία, συμβατική, ακαριαία, είτε να έχει τη μορφή υδροπυρόλυσης ή μεθανοπυρόλυσης, με τελικά προϊόντα υγρά, αέρια ή στερεά.

Με βάση τις θερμοχημικές διεργασίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (συμπαραγωγή ή ΣΗΘ) πραγματοποιούνται κύκλοι διεργασιών ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ και τις δυνατότητες της εγκατάστασης. Στη μελέτη αυτή συνοψίζονται οι διάφοροι κύκλοι που αφορούν στις εγκαταστάσεις μεσαίας κλίμακας (1- 20 MW), λόγω της πιθανότερης χρήσης των στην περιοχή της Ελλάδας. Έτσι υπάρχουν οι εξής εναλλακτικοί κύκλοι διεργασιών: ο κύκλος ατμοστροβίλου, η ατμομηχανή, ο οργανικός κύκλος Rankine, ο αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλου, ο κύκλος στροβίλου θερμού αέρα και η ατμομηχανή τύπου έλικα.

Βέβαια τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο η συμπαραγωγή από ξυλεία έχει να διανύσει ακόμη μεγάλη απόσταση για να θεωρηθεί μια σημαντική πηγή ενέργειας. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της δυσκολίας στη συγκομιδή των ξύλων, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη μετατροπή της ξυλείας και λόγω της έλλειψης θεσμικού πλαισίου και κινήτρων για την πρόκριση αυτού του είδους βιομάζας. Σίγουρα όμως υπάρχουν προοπτικές αξιοποίησης της ξυλείας λόγω του υψηλού απολήψιμου δυναμικού της, της προμήθειάς της σε χαμηλό κόστος, της σχετικά απλής επεξεργασίας της αλλά και λόγω της σημαντικής συνεισφοράς της στην μείωση των ρύπων. Για την πρόκριση της ενέργειας από βιομάζα υπάρχουν ήδη κάποια προγράμματα στήριξης που ενθαρρύνουν τους επενδυτές.

Στη μελέτη ευαισθησίας που πραγματοποιείται διαφαίνεται η καταλληλότητα της ξυλείας για παραγωγή ενέργειας, από περιβαλλοντική άποψη, αποδεικνύοντας ότι οι εκπομπές της καύσης απορριπτόμενης ξυλείας σε CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> είναι κατά πολύ μικρότερες από τις εκπομπές καύσης άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Τέλος, σημαντικό είναι να γίνουν προτάσεις για την πρόκριση της συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από ξυλεία. Τέτοιες είναι η ύπαρξη ευνοϊκού θεσμικού πλαισίου για τους επενδυτές, αλλά και η ύπαρξη φορολογικών ελαφρύνσεων, ώστε να προσελκυσθεί το ενδιαφέρον για τη δημιουργία εγκαταστάσεων συμπαραγωγής με καύσιμο ξύλο.

## **ABSTRACT**

The exploitation of energy resources of each country constitutes the better possible choice for the safety of her energy supply. In combination with the effort for reduction of emissions of greenhouse gases and the increase of attendance of RES in the energy balance of each member country of European Union, the need of exploitation of biomass is urgent in Greece. In this project, great effort has been made to analyze the significance of energy exploitation of woody biomass, the individual steps in order to be exploited and the prospects of it as fuel in Greece. In the end of this project, it is presented a study of viability and sensitivity on the installations of co-production that the wood industry of Giotas S.A. intends to install.

Initially, the definition of biomass is given, which is, virtually, the organic matter of earth. Sources of biomass may be the wood, the agricultural remains, the energy crops and the waste of various origins. The bioenergy is produced in a cycle. The perpetual use of natural energy flows minimises the emission of pollutants in the air, the rivers and the oceans. The European Union has the potential and develops this important energy source. Indicatively we report that, at year 2001, the share of biomass in the consumption of primary energy for the 15 members amounted in 3.8%. In Greece, the corresponding percentage for year 2000 occupied 67.41%. Beneficial consequences from the use of biomass are the decreased emissions of sulphur, oxides of nitrogen, during energy transformation, the use of coal and other mining fuels is avoided, and at the same time the emissions of bad smell are decreased. Consequently, the quality of waters and grounds is protected, while the grounds are utilized. However for the better exploitation of biomass energy policy is required that would promote it. The European Union has fixed the basic "tools" for the realization of energy objectives.

Then, the sources of biomass are reported and the sources of wood are analyzed. The wood can be of forest or rejected origin. Each source of wood is now separated in subclasses helping thus in the choice of the later course. In this way, videlicet, its treatment and final use are selected. This categories are in the case of forest wood the firewood, the products of cultivation and cleaning of forests, the remains of forest loggings, the wood in the sub-cultivated forests and the wood from the energy crops. In the case of rejected wood the subclasses are the sawdusts, the urban remains of wood and the remains of trees. The various species of rejected wood re-separate because of the encumbrances that they have. Finally, the role of wood as fuel is examined, with important turning points the review of physical and chemical properties.

Immediately afterwards a report is made on the total of cycle of exploitation of wood, beginning from the supply and leading to the transformation of biomass. The supply of biomass is accomplished via the use of forests (with various methods of harvesting) or via the use of industrial remains. Then the transport of wood in the place of storage is needed. The transport is accomplished in near distances with lorries, so as the investment to be in the sponsor's interest. The storage can be done in the forest, or in the place of treatment. The pre-treatment, that follows, differs depending on whether the wood emanates from the forest or the litter. Since biomass is difficult to be collected, stored, transported and used, there has been an overwhelming effort to compress it. Finally, for the transformation of wood, different activities are being followed, either thermochemical, or biochemical, or fotobiological, depending on the final desir-

able use. In the case of our study, the final use is energy and these activities that are required are thermochemical.

The thermochemical activities are the combustion, the gasification and the pyrolysis. The combustion can take place in grate or in fluidised bed (bubbling or circulating). The gasification takes place progressively beginning from the desiccation, passing to the pyrolysis and resulting to the partial oxidation. The reactors that are used in the gasification are the compact reactors and the sparse reactors. The pyrolysis can be slow, conventional, instantaneous, or have the form of hydrocracking or methanopyrolysis, with final products liquids, gases or solid.

According to the thermochemical activities for the production of electric energy and heat (co-production or CHP), there are cycles of activities depending on the desirable power and the capacity of the plant. In this study there is a summary of the various cycles, which concerns the plants of medium scale (1-20 MW), because they are more likely to be in use in the region of Greece. Thus exist the following alternative cycles of activities: the cycle of steam turbine, the steam engine, the organic Rankine cycle, the reverse circle of gas turbine, the hot air turbine cycle (indirect gas turbine cycle) and the steam screw-type engine.

Of course, as much in national as in world level, the co-production by wood has to cover a long distance in order to be considered as an important energy source. This is mainly because of the difficulty in wood harvesting, environmental effects from the transformation of wood and because of the lack of institutional frame and motives for the qualification of this kind of biomass. Surely, however, prospects of exploitation of the biomass exist because of its high recoverable potential, its supply in low cost, and the relatively simple treatment but also because of its important contribution in the reduction of pollutants. In order to promote energy from biomass, certain programs of support already exist to encourage the investors.

In the study of sensitivity, that follows, it is seen the appropriateness of wood for production of energy, in the environmental point of view, proving that the emissions of combustion of rejected wood in CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> are by far smaller than the emissions of combustion of coal, heavy oil and natural gas.

Finally, it is important to make proposals on the best interest of co-production of heat and electrical energy from wood. Such proposals are the existence of a favorable institutional frame for the investors, but also the existence of tax alleviations, so that the interest for the creation of installations of co-production with wood-fuel is attracted.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u> .....	1
 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</u>	
2.1. Ορισμός της βιομάζας.....	2
2.2. Ο φυσικός ενεργειακός κύκλος της βιομάζας .....	2
2.3. Πηγές βιομάζας .....	4
2.4. Ο ρόλος της βιομάζας στην Ευρώπη .....	4
2.5. Ο ρόλος της βιομάζας στην Ελλάδα.....	5
2.6. Η αναγκαιότητα αξιοποίησης της βιομάζας.....	7
2.6.1 Περιβαλλοντική αναγκαιότητα.....	7
2.6.2 Αναγκαιότητα ενεργειακής πολιτικής.....	9
2.7. Η πολιτική της Ε.Ε. για συμπαραγωγή από βιομάζα.....	9
 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: Η ΞΥΛΕΙΑ ΩΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u>	
3.1 Πηγές ξυλείας.....	12
3.1.1 Δασική ξυλεία.....	12
3.1.1.1 Μορφές δασικής βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς.....	13
3.1.1.2 Προϊόντα καλλιέργειας και καθαρισμών του δασούς.....	13
3.1.1.3 Υπολείμματα δασικών υλοτομιών.....	14
3.1.1.4 Δασική βιομάζα στα υποκαλλιεργούμενα- υπο- αξιοποιούμενα δάση.....	14
3.1.2 Απορριπτόμενη ξυλεία.....	15
3.1.2.1 Κατηγοριοποίηση της παλιάς ξυλείας.....	16
3.1.3 Ενεργειακές καλλιέργειες.....	20
3.2 Ο ρόλος της ξυλείας ως πηγή ενέργειας.....	21
3.2.1 Η ενέργεια από ξυλεία στην Ευρώπη.....	22
3.2.2 Η ενέργεια από ξυλεία στην Ελλάδα.....	24
3.2.2.1 Δασική ξυλεία.....	26
3.2.2.2 Απορριπτόμενη ξυλεία.....	30
3.3 Χαρακτηρισμός της ξυλείας ως καύσιμο.....	31
3.3.1 Άμεση ανάλυση καύσιμων.....	31
3.3.2 Στοιχειακή ανάλυση καύσιμων.....	32
3.3.3 Στοιχειακή ανάλυση της τέφρας των καύσιμων.....	32
3.3.4 Θερμογόνος ικανότητα καύσιμου.....	33
3.3.5 Τυποποίηση καυσίμου.....	34



#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: Ο ΚΥΚΛΟΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ

4.1	Προμήθεια ξυλείας .....	36
4.1.1	Προμήθεια δασικής ξυλείας.....	36
4.1.1.1	Εκμετάλλευση των δασών .....	36
4.1.1.2	Εφοδιασμός ξυλοκαυσίμων .....	37
4.1.1.3	Μέθοδοι συγκομιδής .....	39
4.1.1.4	Περιορισμοί στις περιοχές συγκομιδής .....	40
4.1.1.5	Ασφάλεια και υγιεινή .....	40
4.1.1.6	Θόρυβος .....	41
4.1.1.7	Περιβαλλοντικές εκτιμήσεις .....	41
4.1.1.8	Ο χρόνος της συγκομιδής.....	41
4.1.2	Προμήθεια απορριπτόμενης ξυλείας.....	42
4.3	Μεταφορά.....	43
4.3	Αποθήκευση.....	44
4.4	Επεξεργασία.....	45
4.4.1	Επεξεργασία δασικής ξυλείας.....	45
4.4.1.1	Μείωση μεγέθους.....	45
4.4.1.2	Ξήρανση.....	45
4.4.2	Επεξεργασία απορριπτόμενης ξυλείας.....	46
4.4.3	Αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου της βιομάζας.....	48
4.5	Ενεργειακή μετατροπή.....	49
4.5.1	Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας.....	49
4.5.1.1	Θερμοχημικές διεργασίες.....	50
4.5.1.2	Βιοχημικές διεργασίες.....	52

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ

5.1	Επισκόπηση τεχνολογιών ενεργειακής μετατροπής ξυλείας.....	53
5.2	Απ' ευθείας καύση.....	55
5.2.1	Καύση σε εσχάρα.....	57
5.2.2	Καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη.....	59
5.3	Αεριοποίηση.....	62
5.3.1	Αεριοποίηση βιομάζας.....	63
5.3.2	Αρχές διεργασίας.....	65
5.3.3	Αντιδραστήρες αεριοποίησης.....	66
5.3.3.1	Τεχνολογία χρησιμοποιούμενων αντιδραστήρων.....	66
5.3.3.2	Σύγκριση αντιδραστήρων.....	69
5.4	Πυρόλυση βιομάζας.....	72
5.4.1	Υγρά προϊόντα από την ακαριαία πυρόλυση βιομάζας.....	74
5.4.2	Τεχνολογίες ακαριαίας πυρόλυσης βιομάζας.....	75

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

6.	Γενικά.....	77
6.1	Τεχνολογίες συμπαραγωγής.....	79
6.1.1	ΣΗΘ με κύκλο ατμοστροβίλου.....	79
6.1.1.1	ΣΗΘ με κύκλο ατμού με έναν στρόβιλο πίεσης.....	80
6.1.1.2	ΣΗΘ με κύκλο ατμού με στρόβιλο εξαγωγής συμπύκνωσης.....	81
6.1.1.3	Γενικές πληροφορίες για την ΣΗΘ με τον κύκλο ατμοστροβίλων.....	82
6.1.2	Διεργασία ατμομηχανής.....	84

6.1.3 ΣΗΘ βάσει της διεργασίας ORC (οργανικός κύκλος rankine) με βιομάζα.....	89
6.1.4 Αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλου.....	92
6.1.5 Κύκλος στροβίλων Θέρμου αέρα (έμμεσος κύκλος αεροστροβίλων).....	95
6.1.6 Διεργασία ατμομηχανής τύπου έλικα.....	97
6.2 Σύγκριση τεχνολογιών.....	100

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>: ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

7.1 Νομικό πλαίσιο για την προώθηση Σ.Η.Θ. και ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	101
7.1.1 Νόμος 2244/94.....	101
7.1.2 Νόμος 2773/99.....	103
7.1.3 Οικονομικά κίνητρα - επιχειρησιακά προγράμματα.....	104
7.1.3.1 Αναπτυξιακός Νόμος.....	107
7.1.3.2 Άλλοι νόμοι και μέτρα.....	108
7.1.3.3 Περιβαλλοντική νομοθεσία.....	109
7.2 Εμπόδια για την ανάπτυξη της συμπαραγωγής από ξυλεία στον Ελλαδικό χώρο.....	110
7.2.1 Θεσμικό πλαίσιο - οργανωτικά εμπόδια.....	110
7.2.1.1 Διοικητικά εμπόδια.....	110
7.2.1.2 Έλλειψη ευρείας στρατηγικής.....	111
7.2.2 Οικονομικά εμπόδια.....	111
7.2.3 Τεχνικά εμπόδια.....	111
7.2.3.1 Διαθεσιμότητα καυσίμων.....	111
7.2.3.2 Τεχνολογία.....	112
7.2.4 Άλλα εμπόδια.....	112
7.2.4.1 Κλιματολογικοί όροι.....	112
7.2.4.2 Έλλειψη ωριμότητας της ελληνικής αγοράς.....	112
7.3 Προοπτικές για την ανάπτυξη της συμπαραγωγής από ξυλεία στον Ελλαδικό χώρο.....	113

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>: ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΞΥΛΕΙΑ**

8.2 Περιβαλλοντική ανάλυση.....	115
8.2 Μελέτη ευαισθησίας.....	132

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

9.1 Συμπεράσματα σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας στην Ελλάδα.....	136
9.2 Προτάσεις σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας στην Ελλάδα.....	138

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	140
---------------------	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	141
-------------------	-----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας, για συμπαραγωγή σε μονάδες μέσης ισχύος (1-20 MW<sub>th</sub>), αποτελεί τον πυρήνα, γύρω από τον οποίο, εξελίσσεται η παρούσα διπλωματική εργασία. Στο εσωτερικό της παρουσιάζεται βιβλιογραφική προσέγγιση του θέματος και εφαρμογή των θεωρητικών γνώσεων στην πράξη, με μια μελέτη ευαισθησίας αντίστοιχης μονάδας, της εταιρίας HEW elbstrom Aschersleben. Η λεπτομέρεια με την οποία πραγματοποιήθηκε η εργασία για την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας περιλαμβάνει ορισμούς για τη βιομάζα, δυναμικό, πολιτική και νομοθεσία σε Ευρώπη και Ελλάδα. Επιπλέον, διαθέτει αναφορά του συνόλου των εργασιών που απαιτούνται για να αποκτήσουμε το ξύλο ως καύσιμο, τις τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης και αυτές της συμπαραγωγής με άμεση καύση του ξύλου. Τέλος, παρουσιάζεται η περίπτωση συμπαραγωγής στις εγκαταστάσεις της εταιρίας HEW elbstrom Aschersleben, καθώς και συμπεράσματα μαζί με προτάσεις ενεργειακής αξιοποίησης του ξύλου στη χώρα μας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται οι ορισμοί και το πλαίσιο της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Πιο αναλυτικά, δίνονται ορισμοί για τη βιομάζα, η τυπική σύστασή της, οι πηγές προέλευσής της και ο φυσικός κύκλος της. Επιπρόσθετα, αναλύεται ο ρόλος που διαδραματίζει η βιομάζα και η αναγκαιότητα ενεργειακής αξιοποίησής της σε Ελλάδα και Ευρώπη, καθώς και η σχετική πολιτική που ακολουθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύεται το ξύλο ως Α.Π.Ε. Το περιεχόμενό του περιλαμβάνει τις πηγές ξυλείας οι οποίες είναι δασική και απορριπτόμενη ξυλεία, καθώς και δασικές ενεργειακές καλλιέργειες. Επιπλέον, διατυπώνεται ο ρόλος της ξυλείας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, σε Ευρωπαϊκό και Ελληνικό επίπεδο. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου περιγράφονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες του ξύλου ως καύσιμο.

Η αξιοποίηση της ξυλείας για ενεργειακούς σκοπούς παρουσιάζεται στο τέταρτο κεφάλαιο. Εδώ αναλύονται ο τρόπος προμήθειας του καυσίμου, οι μέθοδοι μεταφοράς και αποθήκευσης, ο τρόπος με τον οποίο επεξεργάζεται το καύσιμο ξύλο μέχρι να φτάσει στη συσκευή ενεργειακής μετατροπής του καθώς και οι διεργασίες που μπορούν να ακολουθηθούν για να γίνει αυτή η μετατροπή.

Το κεφάλαιο πέντε αναφέρεται στις τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της ξυλείας. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται οι θερμοχημικές διεργασίες που υφίσταται το ξύλο για την άμεση παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτές είναι η άμεση καύση του ξύλου, η αεριοποίηση και η πυρόλυσή του.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται οι τεχνολογίες για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με χρήση ξυλείας σε αποκεντρωμένα συστήματα με άμεση καύση. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζεται σύγκριση των συστημάτων αυτών.

Το έβδομο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα προβλήματα και τις προοπτικές ενεργειακής αξιοποίησης της ξυλείας σε επίπεδο Ελλάδας.

Στο όγδοο κεφάλαιο εφαρμόζονται στην πράξη οι θεωρητικές γνώσεις σχετικά με τη ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας. Αυτό περιλαμβάνει την μελέτη ευαισθησίας μιας μονάδας συμπαραγωγής από υπολείμματα ξύλου.

Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύνοψη των προαναφερθέντων, διατυπώνονται συμπεράσματα και γίνονται προτάσεις για το σύνολο των στοιχείων που κρατούν πίσω την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας για συμπαραγωγή σε αποκεντρωμένα συστήματα, την αξιοποίηση των υπαρχόντων θετικών προοπτικών, καθώς επίσης και συμπεράσματα και προτάσεις για την μελέτη ευαισθησίας μιας συμπαραγωγικής εγκατάστασης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

#### 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Με τον όρο βιομάζα εννοείται η οργανική ύλη της γης. Η βιομάζα, βρίσκεται στο λεπτό στρώμα του φλοιού, τη βιόσφαιρα. Αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό κλάσμα της συνολικής μάζας της γης, αλλά σε ανθρώπινους όρους, αποτελεί μια τεράστια αποθήκη ενέργειας, η οποία ανανεώνεται συνεχώς. Πηγή αυτής της ενέργειας είναι ο ήλιος. Ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη γη δεσμεύεται από την οργανική ύλη, η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί με το οκταπλάσιο της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η εγκλωβισμένη βιοενέργεια ανακυκλώνεται με τη βοήθεια μιας σειράς χημικών και φυσικών διεργασιών στα φυτά, το έδαφος, το χώρο γύρω από τα φυτά και την υπόλοιπη έμβια ύλη, μέχρι που τελικά ακτινοβολείται από τη γη σαν θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας. Η παραπάνω κυκλική διεργασία είναι μεγάλης σπουδαιότητας, επειδή υπάρχει η δυνατότητα δέσμευσης μέρους της βιομάζας στη φάση που ακόμη λειτουργεί ως αποθήκη χημικής ενέργειας. Με απλά λόγια, δηλαδή, η βιομάζα δεν είναι άλλο από τη μάζα των φυτών που σχηματίζεται με τη φωτοσυνθετική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελείται κυρίως από άνθρακα και θείο, και σε μικρότερα ποσοστά από υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και τέφρα. Η ακριβής περιεκτικότητα της βιομάζας στα στοιχεία αυτά φαίνεται στον **πίνακα 2.1**.

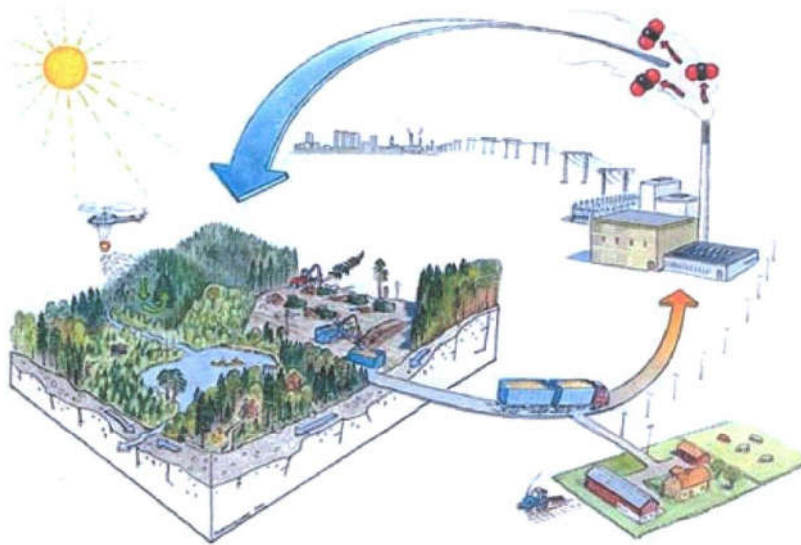
**Πίνακας 2.1:** Η τυπική χημική σύσταση της βιομάζας

Στοιχείο	Περιεκτικότητα(%)
Άνθρακας	49
Θείο	43
Υδρογόνο	6
Οξυγόνο	0.05
Άζωτο	1
Τέφρα	0.95(K, Na, Ca, Mg, Si κ.λπ.)

#### 2.2 Ο ΦΥΣΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η αέναη χρήση των φυσικών ενεργειακών ροών μιμείται τους οικολογικούς κύκλους της Γης και ελαχιστοποιεί την εκπομπή ρύπων στον αέρα, τους ποταμούς και τους ωκεανούς. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα για την δημιουργία της βιομάζας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και αργότερα επιστρέφει σε αυτήν. Οι θρεπτικές ουσίες για την δημιουργία της λαμβάνονται από το έδαφος και στη συνέχεια επιστρέφουν σε αυτό. Τα υπολείμματα ενός σταδίου του κύκλου συνιστούν τις εισροές του επόμενου σταδίου. Η πορεία αυτή που ακολουθεί η βιομάζα αντικατοπτρίζεται στο **σχήμα 2.1**.

Το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία ανάπτυξης των φυτών (φωτοσύνθεση) και μετατρέπεται σε φυτική βιομάζα. Η βιομάζα συγκομιδής μαζί με τα δασικά και γεωργικά υπολείμματα, μπορεί να μετατραπεί σε δομικά υλικά, χαρτί, καύσιμα, τρόφιμα, ζωοτροφή και άλλα προϊόντα, όπως χημικά φυτικής προέλευσης. Μερικές καλλιέργειες μπορεί να φύονται για οικονομικούς σκοπούς π.χ. για φιλτράρισμα των γεωργικών απορροών, σταθεροποίηση του εδάφους, δημιουργία καταφυγίων για ζώα, καθώς και για την παραγωγή βιοενέργειας.



**Σχήμα 2.1:** Χαρακτηριστικός ενεργειακός κύκλος βιομάζας από την πηγή μέχρι την τελική κατανάλωση.

Η μονάδα επεξεργασίας στερεής βιομάζας μπορεί να παράγει θερμότητα διεργασιών και ηλεκτρισμό. Τα οργανικά υποπροϊόντα και οι ανόργανες ουσίες από αυτήν μπορεί να επιστρέφονται στο έδαφος, ανακυκλώνοντας έτσι κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των φυτών π.χ. κάλιο και φώσφορο. Επιλεγμένα αστικά απορρίμματα μπορούν να συνδυαστούν με αστικά και γεωργικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και καλλιέργειες βιομάζας για την τροφοδοσία μιας διαφορετικού τύπου κατεργασίας της βιομάζας. Η νέα αυτή μονάδα επεξεργασίας της βιομάζας θα μπορούσε να παράγει ένα φάσμα προϊόντων, όπως καύσιμα, χημικά, νέα βιολογικά υλικά και ηλεκτρισμό.

Μια σημαντική άλλη χρήση της βιομάζας θα μπορούσε να είναι σε ζωοτροφές. Αυτή η χρήση βιομάζας αποτελεί μια άλλη αποδοτική μέθοδο ελαχιστοποίησης των αποβλήτων και συμβάλει στην ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και των ανόργανων υλικών στο έδαφος, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό το κλείσιμο του κύκλου.

Καθ' όλο τον κύκλο, από τη βιομάζα απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα πίσω στην ατμόσφαιρα- από τις μονάδες επεξεργασίας και τις αγροτικές κοινότητες- με λίγη ή καμία προσθήκη άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Με την βελτίωση της ανάπτυξης των ενεργειακών καλλιεργειών ώστε να προστίθεται χούμος στο έδαφος, μπορεί να συμβεί μέχρι και κάποια καθαρή δέσμευση ή μακροπρόθεσμη καθήλωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ενόργανη ύλη του εδάφους. Η ενέργεια που τροφοδοτεί τον κύκλο και προνοεί για το ανθρώπινο γένος προέρχεται από τον ήλιο, και θα συνεχίσει τη δράση της για πολλές γενιές με σταθερό κόστος και χωρίς τον κίνδυνο εξάντλησης της.

### 2.3 ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι πρώτες ύλες βιομάζας που χρησιμοποιούνται, ή αξιολογείται η χρήση τους, για την τροφοδοσία των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες γενικές κατηγορίες:

- Ξύλο (δασικό ξύλο, υπολείμματα ξύλου),
- Γεωργικά υπολείμματα που περιλαμβάνουν τη ζαχαροκαλαμοσκόνη, τα υπολείμματα ελιάς, τα άχυρα κ.α.,
- Ενεργειακές καλλιέργειες (όπως ο μίσκανθος, η φάλαρις και το αρούντο)
- Απόβλητα, τα οποία περιλαμβάνουν τα αστικά στερεά απόβλητα, καύσιμο από σκουπίδια, λύματα και κοπριά.

Σήμερα, οι πιο συμφέρουσες οικονομικά κατηγορίες βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι τα υπολείμματα, δηλαδή τα οργανικά υποπροϊόντα τροφών, ινών και δασικής παραγωγής. Συνήθως χρησιμοποιούνται το πριονίδι, τα κελύφη ρυζιού και η ζαχαροκαλαμοσκόνη. Κοντά σε αστικά και βιομηχανικά κέντρα είναι επίσης συνήθη υλικά χαμηλού κόστους από υπολείμματα καθαρού ξύλου (άχρηστες παλέτες και κασόνια, υπολείμματα ξυλουργείων, κ.λπ.). Η χρησιμοποίηση των υπολειμμάτων βιομάζας ως καύσιμο μπορεί να υποκαταστήσει τις αγορές συμβατικών καυσίμων, σε κάποιες χρήσεις, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απόρριψής τους.

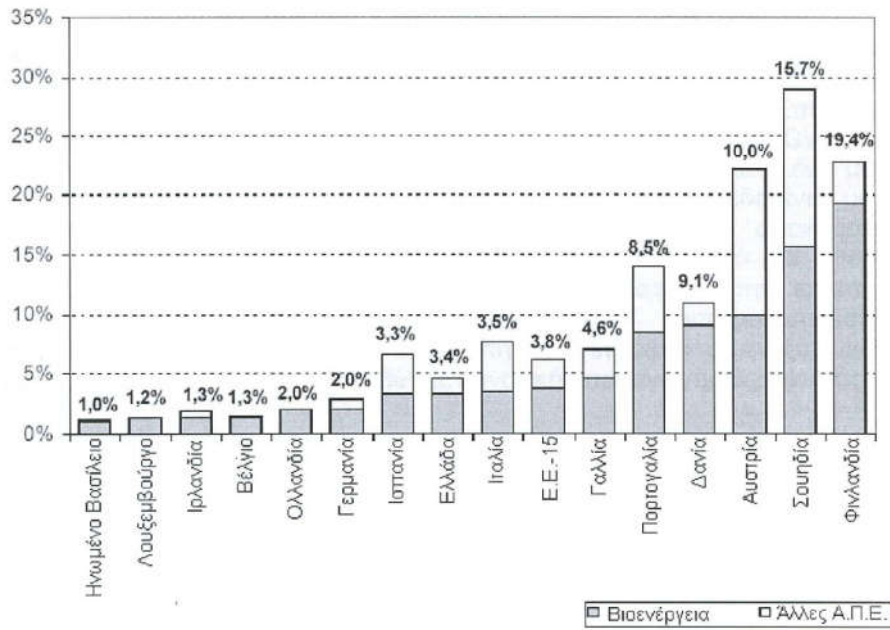
### 2.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Οι δυνατότητες της βιομάζας για το έτος 2050 και για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 υπολογίζεται ότι θα είναι περίπου ίσες με 500.000 ktoe/έτος, ενώ για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 υπολογίζεται να βρίσκεται περίπου σε 600.000 ktoe/έτος.

Η κατευθυντήρια γραμμή που έχει τεθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, όσον αφορά τη χρήση βιομάζας για το 2010 και την Ε.Ε. των 15 είναι περίπου 135.000 ktoe/έτος ενώ για την Ε.Ε. των 25 βρίσκεται στα 200.000 ktoe/έτος περίπου.

Για την Ε.Ε. των 15 (σύμφωνα με στοιχεία του 2001), η παρούσα κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε περίπου 1.486.000 ktoe/έτος και η κατανάλωση βιομάζας σε 57.000 ktoe/έτος· δηλαδή αντιστοιχεί σε ποσοστό ίσο με 3.8% της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα μερίδια των ΑΠΕ και της βιοενέργειας στο σύνολο της ενδοχώρας. Πρόκειται για ενδεικτικά ποσοστά που σχετίζονται με τη βιοενέργεια μόνον, σύμφωνα με στοιχεία της Ε.Ε. για το 2001.



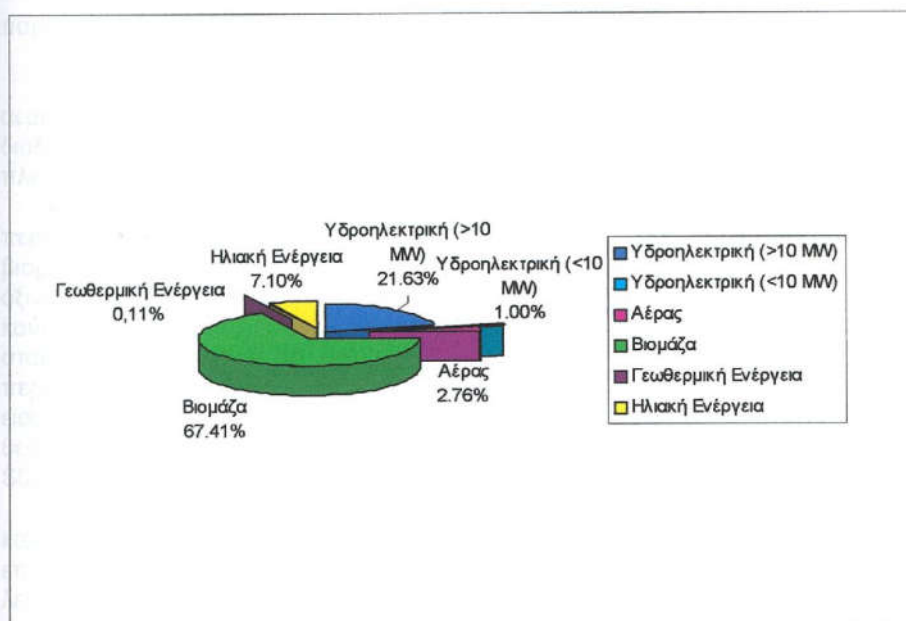
Σχήμα 2.2: Η βιοενέργεια στην Ευρώπη.

## 2.5 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνέβαλαν συνολικά 1.403 κτοε στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα το 2000. Αυτό αντιστοιχεί στο 5% του ελληνικού συνολικού ανεφοδιασμού πρωτογενούς ενέργειας (ΣΑΠΕ), ο οποίος ήταν περίπου 28.100 κτοε. Η βιομάζα και η υδροηλεκτρική ενέργεια παρείχαν το μεγαλύτερο μέρος της παραχθείσας ενέργειας. Η βιομάζα (συνήθως από ξύλο, που χρησιμοποιείται άμεσα στον οικιακό τομέα) αποτέλεσε το 67,42% της συνολικής παραχθείσας ενέργειας από ΑΠΕ, και η υδροηλεκτρική το 22,63%. Η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια αποτελούν το υπόλοιπο 9,95%. Η μέση συμμετοχή των ΑΠΕ στον ΣΑΠΕ είναι περίπου 5% τα τελευταία οκτώ χρόνια, με μικρές ετήσιες εναλλαγές που κυρίως αποδίδονται στις καιρικές συνθήκες που έχουν επιπτώσεις στην απόδοση των μεγάλων υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων.



Αποκλείοντας τη βιομάζα για την οικιακή κατανάλωση και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, η συμβολή των ΑΠΕ είναι 1,41% στον ΣΑΠΕ. Αυτή η ποσότητα αντιπροσωπεύει το μέρος της παραχθείσας ενέργειας από τις ΑΠΕ που επηρεάζεται από τις εθνικές πολιτικές και τα μέτρα και έχει αυξηθεί από 783 ktoe κατά το έτος 1990, σε 1.403 ktoe το 2000. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν 4.145 GWh το 2000 με μια συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.334 MW. Η σημαντικότερη συμβολή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν από τις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις (3.693 GWh), η πλειοψηφία των οποίων ανήκει στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, (ΔΕΗ). Η αιολική ενέργεια συνέβαλε συνολικά 451 GWh στην ηλεκτρική ενέργεια, ενώ τα φωτοβολταϊκά συνέβαλαν μόνο κατά ένα μικρό ποσοστό, κυρίως στις εγκαταστάσεις που δεν είναι διασυνδεδεμένες με το δίκτυο. Οι εφαρμογές ηλιακής ενέργειας σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση υδάτων. Η Ελλάδα είναι μια από τις πρώτες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αφορά την επιφάνεια εγκατεστημένων ηλιακών θερμικών εφαρμογών, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 32% της συνολικής εγκατεστημένης επιφάνειας μεταξύ των 15 κρατών μελών της Ε.Ε. και το 27% της συνολικής παραγωγής θερμότητας.



**Σχήμα 2.3:** Συνεισφορά της κάθε ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή ενέργειας της Ελλάδας

Τα ποσοστά που αφορούν τη συνεισφορά όλων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην Ελλάδα, φαίνονται στο παραπάνω σχήμα (2.3), όπου το 67.41% της συνολικής ενέργειας από ΑΠΕ, δηλαδή πάνω από το μισό, παράγεται από βιομάζα.

## 2.6 Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί από τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας (φαινόμενο θερμοκηπίου, όξινη βροχή κ.λπ.), η εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαίου, του φυσικού αερίου και του άνθρακα, έχουν κάνει επιτακτική τη χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Παγκόσμιες συμφωνίες, ευρωπαϊκές οδηγίες και εθνικές νομοθεσίες επιβάλλουν, προτείνουν και ενθαρρύνουν την παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές (ΑΠΕ).

### 2.6.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Υπάρχει μια γενική ομολογία για τα παγκόσμια οφέλη από τη χρήση της βιομάζας (αέρια θερμοκηπίου), τα οποία όμως δεν έχουν δημοσιοποιηθεί επαρκώς και έτσι δεν έχουν γίνει κατανοητά στους λήπτες των αποφάσεων και το ευρύ κοινό. Το κλειδί για την επιτυχημένη ανάπτυξη της βιοϊσχύος είναι η αποδοτική χρήση της πηγής με σύγχρονα συστήματα μετατροπής που μεγιστοποιούν την παραγόμενη ενέργεια και ελαχιστοποιούν τα υποπροϊόντα των διεργασιών μετατροπής.

Οι τομείς στους οποίους η βιομάζα έχει θετικές συνέπειες αναλύονται παρακάτω:

#### 1. Ποιότητα του αέρα

Η ηλεκτροπαραγωγή με χρήση βιομάζας ή ορυκτών καυσίμων παράγει αερολύματα, όπως διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ), οξειδία του αζώτου ( $NO_x$ ) και διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ). Η χρήση της βιοϊσχύος παρέχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μειωμένες εκπομπές θείου: Οι περισσότερες μορφές βιομάζας περιέχουν πολύ μικρά ποσά θείου, οπότε ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής βιομάζας εκπέμπει ελάχιστο διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ), που είναι αίτιο της όξινης βροχής. Ο άνθρακας περιέχει συνήθως μέχρι 5% θείο και η μικτή καύση με βιομάζα μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές  $SO_2$  του σταθμού σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Υπάρχει μια σχέση περίπου ένα προς ένα μεταξύ της μείωσης του  $SO_2$  και του ποσοστού της εισροής θερμότητας από βιομάζα (π.χ. η χρήση βιομάζας στο 5% της εισροής θερμότητας σε μονάδα ηλεκτροπαραγωγής άνθρακα θα μειώσει τις εκπομπές  $SO_2$  περίπου κατά 5%).

- Μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου: Πρόσφατα τεστ μικτής καύσης βιομάζας σε αρκετούς σταθμούς άνθρακα παγκοσμίως έχουν επιδείξει ότι οι εκπομπές των  $NO_x$  μπορούν να μειωθούν σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Έτσι, με την προσεκτική ρύθμιση της διεργασίας της καύσης, η μείωση των  $NO_x$  είναι διπλάσια του λόγου της εισροής θερμότητας από βιομάζα, δηλαδή για μικτή καύση βιομάζας στο 5% της εισροής θερμότητας θα επιτευχθεί μείωση των  $NO_x$  της μονάδας κατά 10%. Εξάλλου, ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις στα  $NO_x$  μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση της βιομάζας σε διάταξη μετάκαυσης, όπου έως και 20% του καυσίμου του λέβητα εγχύεται επάνω από την κύρια ζώνη καύσης.

- **Μειωμένες εκπομπές άνθρακα:** Τα φυτά κατά την ανάπτυξη τους απορροφούν CO<sub>2</sub>. Όταν η παραγωγή βιοϊσχύος αντιμετωπίζεται ως συνεχής κύκλος, Π.χ. καλλιεργώντας ενεργειακά φυτά ή επαναφυτεύοντας αγροτεμάχια, αποτελεί έναν τρόπο ανακύκλωσης του άνθρακα. Έτσι, μπορεί η βιοϊσχύς να θεωρηθεί ως μία λύση ηλεκτροπαραγωγής που δεν διαταράσσει το ισοζύγιο του άνθρακα.

- **Μείωση άλλων εκπομπών:** Αέριο μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) παράγεται στις χωματερές από την αποσύνθεση υλικού βιομάζας, αλλά και από την αποσύνθεση της ζωικής κοπριάς, είτε αυτή επιστρώνεται στο έδαφος είτε αφήνεται ακάλυπτη σε στέρνες. Το μεθάνιο (το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου), εκτονώνεται συνήθως κατ' ευθείαν στον αέρα, αλλά μπορεί να συλληχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

- **Μειωμένες οσμές:** Η χρήση της ζωικής κοπριάς και του αερίου των χωματερών για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να μειώσει τις οσμές που συνδέονται με τις συμβατικές εφαρμογές απόρριψης στο έδαφος.

### **2. Ποιότητα υδάτων**

Η ζωική κοπριά περιέχει άζωτο, φώσφορο, κάλιο, χλώριο, και μικρά ποσά θείου, που μπορεί να μολύνουν το νερό. Κανονικά, η κοπριά χρησιμοποιείται ως λίπασμα ή χωνεύεται σε στέρνες παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων. Και οι δύο αυτές εφαρμογές εδάφους μπορούν να προκαλέσουν τη διήθηση των παραπάνω ουσιών στα υπόγεια ύδατα ή την άμεση απόληξη τους σε έναν υδροφόρο με την απορροή των όμβριων υδάτων. Η χρήση της ζωικής κοπριάς ως πηγής καυσίμου περιορίζει τη μόλυνση των υδάτων μειώνοντας την απορροή των ουσιών αυτών.

### **3. Χρήσεις των γαιών**

Τα ξυλώδη υλικά και τα υπολείμματα των κήπων αποτελούν το 20% περίπου του συνολικού ποσού των μη βλαβερών αποβλήτων που εισέρχονται στις χωματερές. Ένα μέρος των υλικών αυτών είναι μολυσμένο και κατάλληλο μόνο για απόρριψη. Η χρήση των «καθαρών» αποβλήτων ως καύσιμο αποσπά μία ποσότητα από τα υλικά που απορρίπτονται στις χωματερές, επεκτείνοντας έτσι τη ζωή/ χωρητικότητά τους. Αυτή η πρακτική επίσης εξαλείφει τις εκπομπές μεθανίου που θα προέρχονταν από την ενταφιασμένη βιομάζα.

Από την άλλη, οι ενεργειακές καλλιέργειες αναπτύσσονται σε μη αξιοποιημένες γεωργικές εκτάσεις. Γενικά, δεν αντικαθιστούν βοσκότοπους, υδροβιότοπους, φυσικά δάση ή γεωργική γη υψηλής αξίας, ενώ απαιτούν λιγότερα παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα σε σχέση με τις άλλες καλλιέργειες, μειώνοντας έτσι την απορροή χημικών στα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα. Τα συστήματα των ριζών συγκρατούν το χώμα και μειώνουν τη διάβρωση, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, φιλτράρουν τα γεωργικά χημικά εμποδίζοντας τα να εισέλθουν στα ρυάκια, και ανακόπτουν τα θρεπτικά στοιχεία από το να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα.

### 2.6.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Από τη βιομάζα μπορεί να ωφεληθεί η ενεργειακή ασφάλεια των κρατών καθώς, με τη διερεύνηση του φάσματος των πηγών τροφοδοσίας τους, οι χώρες οχυρώνονται, ενδυναμώνουν την οικονομία τους, και βελτιώνουν το εμπορικό τους ισοζύγιο. Ένα εξίσου βασικό όφελος είναι η ανάπτυξη της αγροτικής οικονομίας, αφού η βιομάζα είναι ογκώδης και η μεταφορά της ακριβή, οπότε οι εγκαταστάσεις μετατροπής της θα πρέπει να είναι κοντά στους τόπους διάθεσης της. Εξάλλου, οι αγρότες αναζητούν άλλες εμπορικές καλλιέργειες ή πηγές προσόδων ενώ, όσο αναπτύσσεται ο πληθυσμός πέρα από τις αστικές και προαστιακές περιοχές, τόσο μεγαλώνουν οι ανάγκες για ηλεκτροδότηση των αγροτικών περιοχών.

Η χρήση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών ως καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να βελτιώσει τα οικονομικά της γεωργίας μειώνοντας το κόστος απόρριψης και παρέχοντας εναλλακτικές πηγές εσόδων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες ανοίγουν μια εντελώς νέα αγορά για τη γεωργία, που έχει το δυναμικό να αποτελέσει μια σταθερή πηγή εισοδήματος στην αγροτική κοινωνία. Για παράδειγμα, σύμφωνα με εκτιμήσεις του Ινστιτούτου EPRI, η παραγωγή 5 πεντάκις εκατ. Watt ηλεκτρισμού σε 20 εκατ. εκτάρια γης θα αύξανε το γεωργικό εισόδημα κατά 12 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως (για σύγκριση, οι ΗΠΑ καταναλώνουν περίπου 90 πεντάκις εκατ. Watt ανά έτος).

Τέλος, δεν είναι πλέον επιθυμητή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών η κατασκευή μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής βάσης, ειδικά στις περισσότερο απομακρυσμένες περιοχές. Οι μικρές εγκαταστάσεις βιοσχύος έχουν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορούν να λειτουργούν με τις τοπικά παραγόμενες πρώτες ύλες. Συμπερασματικά, η χρήση της βιομάζας επιφέρει τριπλό όφελος στον αγροτικό πληθυσμό, αφού διατηρεί τον πλούτο κοντά, αμείβει τους αγρότες για την παραγωγή των καυσίμων βιομάζας και παρέχει καθαρή ενέργεια.

## 2.7 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ Ε.Ε. ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ακολουθώντας τις κατευθύνσεις της Συνθήκης του Κιότο, έχει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 8% σε σύγκριση με το 1990, κατά το διάστημα 2008-2012. Επιπλέον, στόχος για την Ε.Ε. είναι ο διπλασιασμός του ποσοστού ΑΠΕ από 6% σε 12% της εγχώριας παραγωγής ενέργειας έως το 2012. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέχρι το 2010, κατά 18% σε σύγκριση με το 1995, αποτελεί έναν ακόμη στόχο για τους Ευρωπαίους εταίρους, καθώς και η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της Ένωσης.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, η Ε.Ε. χρησιμοποιεί κάποια «εργαλεία», τα οποία επιγραμματικά είναι:

1. Λευκή Βίβλος για την ενέργεια
2. Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ και σχέδιο δράσης
3. Πράσινη Βίβλος για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού
4. Οδηγίες
5. Προγράμματα στήριξης

Η **Λευκή Βίβλος για την ενέργεια**, που εκδόθηκε τον Ιανουάριο του 1996, αφορά την προστασία του περιβάλλοντος, την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού και την βιομηχανική ανταγωνιστικότητα.

Η **Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ**, που εκδόθηκε στις 26 Νοεμβρίου του 1996, αφορά τον διπλασιασμό του ποσοστού της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής από 6% σε 12% μέχρι το 2010, τον καθορισμό των δευτερευόντων στόχων, την ευελιξία της Ένωσης ως προς τη διεύρυνσή της και επιβάλλει την καθιέρωση τριετούς ανασκόπησης των πεπραγμένων σχετικά με τις ΑΠΕ

Το **Σχέδιο Δράσης** αφορά τα μέτρα που λαμβάνονται στις εσωτερικές αγορές των χωρών και την επιβολή της ευρωπαϊκής πολιτικής, την προώθηση της μεθόδου take-off (10.000 MW<sub>th</sub> για εργοστάσια με χρήση βιομάζας και 5 εκατομμύρια τόνοι υγρά βιοκαύσιμα) και την βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των χωρών.

Η **Πράσινη Βίβλος** για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού αφορά γεωπολιτικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τα κύρια σημεία της Πράσινης Βίβλου είναι η ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων της Ένωσης (ολοκλήρωση των εσωτερικών αγορών, ανανέωση της ενεργειακής φορολογίας, εξοικονόμηση ενέργειας, ποικιλία των μορφών ενέργειας και εισαγωγή νέων τεχνολογιών), ο έλεγχος της ενεργειακής εξάρτησης (οι ΑΠΕ πρώτη επιλογή για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, το περιβάλλον και τους αγροτικούς πληθυσμούς, διατήρηση πρόσβασης στις ενεργειακές πηγές και διασφάλιση ενεργειακού εφοδιασμού από το εξωτερικό) και η ανάπτυξη των ΑΠΕ (στόχος το 12% της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής έως το 2010, διαφοροποιημένες πολιτικές ανά είδος ΑΠΕ, οικονομικές ή φορολογικές ελαφρύνσεις για την προώθηση των ΑΠΕ)

Οι **Οδηγίες** περιλαμβάνουν:

- την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας (Οδηγία 2004/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11ης Φεβρουαρίου 2004),
- τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου (Οδηγία 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Οκτωβρίου 2003),
- την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2003/96/ΕΚ του Συμβουλίου, της 27ης Οκτωβρίου 2003),
- κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2003/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 26ης Ιουνίου 2003),
- την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές (Οδηγία 2003/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 8ης Μαΐου 2003),
- τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων (Οδηγία 2001/80/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2001),

- και την πρόκριση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Σεπτεμβρίου 2001).

Τα **Προγράμματα Στήριξης** που σχετίζονται με την ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. είναι κατά βάση το Πέμπτο πλαίσιο στήριξης με σκοπό την τεχνολογική ανάπτυξη (προϋπολογισμός 1042 εκατομμύρια Ευρώ για το διάστημα 1998-2002), το Altener II σε μια προσπάθεια υπερπήδησης των μη τεχνικών προβλημάτων (προϋπολογισμός 74 εκατομμύρια Ευρώ για το διάστημα 1998-2002) καθώς και προγράμματα στήριξης που αφορούν εθνικές πολιτικές και φορείς για την ανάπτυξη των ΑΠΕ (προϋπολογισμός 487 εκατομμύρια Ευρώ). Πιο πρόσφατα προγράμματα στήριξης είναι το Έκτο πλαίσιο στήριξης (για τα έτη 2002-2006), η Έξυπνη ενέργεια για την Ευρώπη (για τα έτη 2003- 2006) και το πρόγραμμα SYNERGY.

Τέλος ευρωπαϊκοί οργανισμοί που σχετίζονται με τις ΑΠΕ και ειδικότερα με την βιομάζα είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξή τους και συντελούν στην προώθησή της.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Η ΞΥΛΕΙΑ ΩΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Με οδηγό το προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί κανείς να κατανοήσει την έννοια της βιομάζας ως πηγή ενέργειας και τον ρόλο της στην Ελλάδα και την Ευρώπη. Η ξυλεία, μια από τις βασικότερες πηγές βιομάζας, απασχολεί το περιεχόμενο του παρόντος κεφαλαίου, όπου αναλύονται οι δυνατές πηγές από όπου μπορεί αυτή να προέλθει και ο ρόλος της ως πηγή ενέργειας στον ελλαδικό και ευρωπαϊκό χώρο, καθώς και ο χαρακτηρισμός της ως καύσιμο.

#### 3.1 ΠΗΓΕΣ ΞΥΛΕΙΑΣ

Το ξύλο είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο καύσιμο βιομάζας για παραγωγή θερμότητας και ενέργειας. Οι πιο οικονομικές πηγές ξυλοκαυσίμων είναι συνήθως τα υπολείμματα ξύλου από βιομηχανίες (πριονίδια), τα άχρηστα ξύλινα προϊόντα ή τα υπολείμματα ξυλαποθηκών που προέρχονται από χωματερές, καθώς και τα αβλαβή θρύμματα ξύλου από οικοδομές και κατεδαφίσεις.

Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας από ξυλεία διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες (ανάλογα με τη θέση απ' όπου προέρχεται το ξύλο):

- Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά την συγκομιδή του κύριου προϊόντος
- Υπολείμματα δασικών βιομηχανιών
- Ενεργειακές καλλιέργειες
- Απορρίμματα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα (το οργανικό μέρος τους)

Στη συνέχεια, με βάση την προέλευση της ξυλείας και με σκοπό την ενεργειακή της αξιοποίηση, τη διακρίνουμε σε δασική, απορριπτόμενη και ενεργειακής καλλιέργειας ξυλεία.

##### 3.1.1 ΔΑΣΙΚΗ ΞΥΛΕΙΑ

Τα δασικά απόβλητα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιημένα υπολείμματα υλοτομίας, μη εμπορεύσιμα δέντρα, νεκρά ξύλα, και άλλα μη εμπορικά δέντρα που πρέπει να κοπούν από πυκνά, ασθενή ή ευπυρόβλητα δάση. Η αποψίλωση των δασών, που είναι απαραίτητη για να βοηθηθούν μερικά δάση να επανακτήσουν τη φυσική τους υγεία, επίσης παρέχει μια μεγάλη ποσότητα υπολειμμάτων ξύλου που μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρισμό ή βιοκαύσιμα. Εξ' αιτίας της διασποράς και της μακρινής τους θέσης, η ανάκτηση των υπολειμμάτων αυτών είναι αρκετά πιο δύσκολη και δαπανηρή από αυτή των αστικών υπολειμμάτων ξύλου.

### 3.1.1.1 Μορφές δασικής βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς-θεωρητικό και τεχνικά απολήψιμο δυναμικό

Έως σήμερα, τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες είναι τα κυρίως προϊόντα, που αξιοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας στη χώρα μας, η οποία είναι αυτάρκης και στα δύο προϊόντα. Περιορισμένη ενεργειακή χρήση έχουν τα υπολείμματα από την επεξεργασία του ξύλου, τα οποία αξιοποιούνται από τις ίδιες τις βιομηχανίες επεξεργασίας, για κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, όταν δεν είναι δυνατή η παραγωγή περαιτέρω δευτερογενών προϊόντων ξύλου (μορισανίδες κ.α.). Το δυναμικό αυτών των υπολειμμάτων αξιοποιείται κατά ένα μικρό ποσοστό.

Η διαθέσιμη δασική βιομάζα, για ενεργειακούς σκοπούς, συνίσταται στα καυσόξυλα, τους ξυλάνθρακες, τα υπολείμματα των δασικών υλοτομιών, τα προϊόντα καθαρισμών του δάσους και τα υπολείμματα, που προκύπτουν από την επεξεργασία του ξύλου.

### 3.1.1.2 Προϊόντα καλλιέργειας και καθαρισμών του δάσους

Καθαρισμοί δασών και γενικά καλλιέργεια<sup>1</sup> των δασών, δεν πραγματοποιείται στα υψηλά δάση και όπου αυτοί γίνονται, για προστασία από τις πυρκαγιές, είναι χωρίς προγραμματισμό και οι παραγόμενες μεμονωμένες ποσότητες βιομάζας δεν είναι σημαντικές.

Οι λόγοι, που δεν πραγματοποιούνται οι καθαρισμοί δασών, για καλλιέργεια ή για προστασία από πυρκαγιές, είναι η μη χρηματοδότηση τέτοιων ενεργειών από το κράτος, το υψηλό κόστος αυτών των εργασιών και η δυσλειτουργία της δασικής υπηρεσίας.

Η αξιοποίηση της βιομάζας από καθαρισμούς του δάσους, για την παραγωγή ενέργειας, θα εξασφαλίζει σημαντικά έσοδα, για τους εκμεταλλευτές του δάσους (ιδιώτες ή δασικούς συνεταιρισμούς), θα συμβάλλει έμμεσα στη μείωση του κόστους διενέργειας αυτών των εργασιών και φυσικά στην ορθολογική διαχείριση των δασών, προωθώντας εργασίες καλλιέργειας του δάσους, που δεν θα πραγματοποιούνταν σε άλλη περίπτωση.

<sup>1</sup> Καλλιέργεια δάσους: Καθαρισμοί δασών, απομάκρυνση άρρωστων δέντρων, αραιώσεις συστάδων, ευνοϊκή ανάπτυξη καλών δέντρων, απομάκρυνση υπορόφου δασών κ.ά.



### 3.1.1.3 Υπολείμματα δασικών υλοτομιών

Με τις μεθόδους διαχείρισης και εκμετάλλευσης, που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας, μόνο το 55% της ετήσιας αύξησης της βιομάζας είναι απολήψιμο υπό μορφή λήμματος, όπως καθορίζεται από τα διαχειριστικά σχέδια των δασών. Το υπόλοιπο 45% της αύξησης -ζωντανή βιομάζα υπό μορφή ιστάμενων δένδρων- παραμένει στο δάσος, για την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση του ξυλώδους κεφαλαίου του.

Επιπλέον, από το επιτρεπτό ετήσιο λήμμα, το 46% της βιομάζας του δεν αποκομίζεται, αλλά παραμένει στο δάσος σαν υπόλειμμα, υπό μορφή φύλλων, βελονών, φλοιού, κλάδων, κορυφών, τμημάτων κορμών με πολλά ελαττώματα, πρεμνών και ριζών. Το ποσοστό αυτών εξαρτάται από το μέγεθος της κόμης, που επηρεάζεται από το είδος, την ηλικία και τον αυξητικό χώρο των δένδρων, τη δομή του δάσους και τις κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες.

Κατά τις εργασίες συγκομιδής, αποκομίζεται από το δάσος η βιομάζα του ξύλου και σε ορισμένες περιπτώσεις του φλοιού και των χονδρότερων κλάδων. Η βιομάζα των υπολοίπων κατηγοριών, παραμένει στο δάσος, είτε γιατί δεν συμφέρει να αποκομισθεί, είτε γιατί χρειάζεται εξειδικευμένη τεχνική και εξειδικευμένος εξοπλισμός ή ακόμη γιατί δεν υπήρξε η κατάλληλη τεχνολογία μεταποίησης και αξιοποίησης της.

### 3.1.1.4 Δασική βιομάζα σε υποκαλλιεργούμενα-υποαξιοποιούμενα δάση

Δάση, που υποαξιοποιούνται ή δεν αξιοποιούνται καθόλου, είτε λόγω μη υπάρχουσας πίεσης εκ μέρους της αγοράς των προϊόντων ξύλου, είτε λόγω γεωγραφικής απομόνωσης και υψηλού κόστους μεταφοράς του ξύλου στους τόπους επεξεργασίας του, μπορούν να διαχειρισθούν με κύριο σκοπό εκμετάλλευσης την παραγωγή ενέργειας στην εγγύς περιοχή.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, το δυναμικό της διαθέσιμης βιομάζας είναι υψηλό, η δε ενεργειακή αξιοποίηση της θα συμβάλει στην εκπλήρωση των στόχων της εθνικής δασικής πολιτικής και στη βελτίωση της υγείας του δάσους.

Το δυναμικό της βιομάζας σε αυτές τις περιπτώσεις περιλαμβάνει τη βιομάζα του κορμού του ξύλου και των υπολειμμάτων υλοτομιών.

Η βιομάζα η οποία παράγεται στις εκτάσεις δασικού χαρακτήρα είναι συσσωρευμένη στις εξής μορφές βλάστησης:

- Στα υψηλόκορμα, σπερμοφυή δάση
- Στα βραχύκορμα, πρεμνοφυή δάση, στα οποία εντάσσονται τα πρεμνοφυή δάση φυλλοβόλων δρυών, τα δάση αείφυλλων πλατύφυλλων ειδών και ο υπόροφος των δασών χαλεπίου και τραχείας πεύκης, που συγκροτείται και αυτός από είδη αείφυλλων πλατύφυλλων, και τέλος
- Στα προλίβαδα και στους φρυγανότοπους

### 3.1.2 ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ

Η απορριπτόμενη ξυλεία περιλαμβάνει:

- **τα πριονίδια**

Τα υπολείμματα ξύλου, από τη βιομηχανία χαρτιού και πολτού, τα ξυλουργεία και άλλους βιομηχανικούς χρήστες ξύλου, χρησιμοποιούνται συχνά για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα. Αυτά τα υπολείμματα είναι συνήθως πολύ καθαρά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων ισχύος βιομάζας. Σε πολλές περιπτώσεις, τα πριονίδια χρησιμοποιούνται για παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού εντός της εγκατάστασης οπού παράγονται.

- **τα αστικά υπολείμματα ξύλου**

Μεγάλες ποσότητες αστικών υπολειμμάτων ξύλου απορρίπτονται στις χωματερές, για παράδειγμα τα απαρχαιωμένα ξύλινα προϊόντα, οι σπασμένες ξύλινες παλέτες και κάσες, και τα ακατέργαστα καθαρά υλικά οικοδομών και κατεδαφίσεων. Τα υλικά αυτά μπορούν να εκτραπούν σε μονάδες ανάκτησης που διαχωρίζουν το καθαρό ξύλο από τα άλλα υλικά (π.χ. βαριά μέταλλα, συνήθως λόγω του χρώματος που μένει στο ξύλο). Το καθαρό ξύλο, με χαμηλή υγρασία μέχρι 5%, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραγωγικά ως καύσιμο βιομάζας και ως υλικό διαμόρφωσης ανοικτών χώρων.

- **τα υπολείμματα δέντρων**

Τα ξυλώδη υπολείμματα των κήπων αποτελούν μια άλλη μεγάλη πηγή ξύλου που προς το παρόν καταλήγει στις χωματερές. Παρόμοια υλικά επίσης παράγονται από το κλάδεμα των δέντρων που βρίσκονται κοντά σε οδούς, σιδηροδρομικές γραμμές και ηλεκτρικά συστήματα (π.χ. γραμμές μεταφοράς ρεύματος). Μερικές φορές τα κλαδιά των δέντρων όταν αφήνονται στο έδαφος μετατρέπονται σε κάλυμμα αυτού, ή αλέθονται και χρησιμοποιούνται για επικάλυψη χωματερών. Πάντως, σταθερό καταναλωτή αυτών των υλικών μπορούν να αποτελέσουν κάποια ενεργειακά έργα.

### 3.1.2.1 Κατηγοριοποίηση της απορριπτόμενης ξυλείας

Κατηγοριοποίηση της απορριπτόμενης ξυλείας δεν προβλέπεται από την ελληνική νομοθεσία αλλά και σε διεθνές επίπεδο δεν υπάρχει ενιαίος κανονισμός που να κατηγοριοποιεί την απορριπτόμενη ξυλεία είτε ανάλογα με τον τρόπο προέλευσης της είτε με το ποσοστό επιβάρυνσής της με προστατευτικά ή άλλα υλικά. Ανατρέχοντας την διεθνή βιβλιογραφία και στηριζόμενοι κυρίως στον Τέταρτο Γερμανικό Ομοσπονδιακό Κανονισμό Προστασίας από Εκπομπές (4. BlmSchV), προκύπτουν οι εξής κατηγορίες απορριπτόμενης ξυλείας:

**Πίνακας 3.1:** Κατηγοριοποίηση απορριπτόμενης ξυλείας

Κατηγορία	Περιγραφή της απορριπτόμενης ξυλείας
Κατηγορία I	Φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία
Κατηγορία II	Ξυλεία βαμμένη ή βερνικωμένη, χωρίς συντηρητικά και χωρίς επιστρώσεις με αλογονοοργανικές ενώσεις(π.χ. PVC)
Κατηγορία III	Ξυλεία με επιστρώσεις αλογονοοργανικών ενώσεων, χωρίς συντηρητικά
Κατηγορία IV	Ξυλεία που περιέχει κάθε είδους συντηρητικά

#### Κατηγορία I

Στην κατηγορία αυτή ανήκει κάθε είδους απορριπτόμενη ξυλεία η οποία έχει υποστεί μηχανική μόνον κατεργασία. Φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία δεν σημαίνει βεβαίως μηδενική περιεκτικότητα σε ρύπους. Τα ανώτατα όρια επιβάρυνσης από ρύπους προκειμένου να χαρακτηριστεί κάποιο δείγμα ως "φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία" και τα οποία προβλέπονται από τον 1° Γερμανικό Ομοσπονδιακό Κανονισμό Προστασίας από Εκπομπές (1.BlmSchV) παρατίθενται στον **Πίνακα 3.2**.

**Πίνακας 3.2:** Ανώτατα όρια επιβάρυνσης από ρύπους για "φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία" (κατηγορία I)

Ρύπος	Μέγιστη τιμή (mg/kg)
As	0.8
B	15
Cd	0.5
Cr	2
Cu	5
Fe	100
Hg	0.05
Pb	3
Ti	5
Zn	50
Cl	100
F	10
N	0.5(% κ.βάρος)
PCP	1
Lindan	0.25
Benzo (a) pyren	0.05

### Κατηγορία II

Η απορριπτόμενη ξυλεία της κατηγορίας αυτής περιλαμβάνει βαμμένη ή/ και βερνικωμένη ξυλεία και αναφέρεται κυρίως σε παλιά έπιπλα, σε προϊόντα από φουρνισμένη μοριοσανίδα, καθώς και σε εξοπλισμό κουζίνας. Σε κάθε περίπτωση, η ξυλεία της κατηγορίας αυτής δεν πρέπει να περιέχει συντηρητικά ή επιστρώσεις με PVC. Ο 4<sup>ος</sup> Ομοσπονδιακός Κανονισμός Προστασίας από Εκπομπές (4. BImSchV Nr.1.2) καθορίζει τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια ρύπων, καθώς και τα συγκεκριμένα στοιχεία ή ενώσεις των οποίων πρέπει να γίνει ποσοτική ανάλυση και σε περίπτωση υπέρβασης των δεδομένων τιμών, αυτομάτως το υπό εξέταση δείγμα δεν αποτελεί πλέον "φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία" και κατατάσσεται στην κατηγορία II. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3

**Πίνακας 3.3:** Ανώτατα όρια επιβάρυνσης από ρύπους για απορριπτόμενη ξυλεία της κατηγορίας II

Ρύπος	Μέγιστη τιμή (mg/kg)
As	2
B	30
Cd	-
Cr	-
Cu	20
Fe	-
Hg	0.4
Pb	-
Ti	-
Zn	-
Cl	300
F	30
N	-
PCP	2
Lindan	0.5
Benzo (a) pyren	0.1

### Κατηγορία III

Στην κατηγορία αυτή ανήκει κάθε είδους απορριπτόμενη ξυλεία η οποία περιέχει επιστρώσεις με PVC ή με παρόμοιες αλογονο-οργανικές ενώσεις, χωρίς όμως περαιτέρω επιβάρυνση με συντηρητικά. Σύμφωνα με τον 4.BImSchV Nr.1.3 και προκειμένου να εξετασθεί εάν κάποιο δείγμα ανήκει στην κατηγορία αυτή απαιτείται απλά η εξέταση περιεκτικότητας του δείγματος σε χλώριο (Cl). Αν η περιεκτικότητα υπερβαίνει τα 300 mg/kg, το δείγμα κατατάσσεται στην κατηγορία III.

### Κατηγορία IV

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσεται κάθε είδους απορριπτόμενη ξυλεία η οποία έχει υποστεί κατεργασία με συντηρητικά μέσα. Προκειμένου να κατατάξουμε κάποιο δείγμα στην κατηγορία αυτή αρκεί να εξετάσουμε την περιεκτικότητά του σε συγκεκριμένα στοιχεία και ενώσεις, όπως παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα και ο οποίος στηρίζεται στον 17.BImSchV.

**Πίνακας 3.4:** Κυμαινόμενα όρια επιβάρυνσης από ρύπους για απορριπτόμενη ξυλεία της κατηγορίας IV

Ρύπος	Μέγιστη τιμή (mg/kg)
As	>2
B	>30
Cd	-
Cr	-
Cu	>20
Fe	-
Hg	>0.4
Pb	-
Ti	-
Zn	-
Cl	-
F	>30
N	-
PCP	>2
Lindan	>0.5
Benzo (a) pyren	>0.1

Στην περίπτωση επομένως που θέλουμε να κατατάξουμε συγκεκριμένο δείγμα απορριπτόμενης ξυλείας σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες ακολουθούμε την παρακάτω πρακτική:

1. Εξετάζουμε την περιεκτικότητα του δείγματος σε As, B, Cu, Hg, F, πενταχλωροφαινόλη, Lindan καθώς και σε Benzo(a)pyren. Εάν η περιεκτικότητα κάποιου από τα παραπάνω στοιχεία ή ενώσεις υπερβαίνει τα όρια του **Πίνακα 3.4** το δείγμα κατατάσσεται στην κατηγορία IV, εάν όχι προχωράμε στο βήμα 2.

2. Εξετάζουμε την περιεκτικότητα του δείγματος σε χλώριο. Εάν η περιεκτικότητα υπερβαίνει τα 300mg/kg, το δείγμα ανήκει στην κατηγορία III, εάν όχι συνεχίζουμε με το βήμα 3.

3. Εξετάζουμε την περιεκτικότητα του δείγματος σε As, B, Cu, Hg, Cl, F, πενταχλωροφαινόλη, Lindan καθώς και σε Benzo(a)pyren. Εάν η περιεκτικότητα κάποιου από τα παραπάνω στοιχεία ή ενώσεις υπερβαίνει τα όρια του **Πίνακα 3.2** και είναι μικρότερη από τα όρια του **Πίνακα 3.3** τότε το δείγμα ανήκει στην κατηγορία II. Εάν οι περιεκτικότητες δεν υπερβαίνουν τα όρια του **Πίνακα 3.2** το δείγμα ανήκει στην κατηγορία I.

Κύριο στόχο της παραπάνω κατηγοριοποίησης αποτελεί ο διαχωρισμός της απορριπτόμενης ξυλείας με κριτήριο την συμπεριφορά της ως καύσιμο. Για παράδειγμα, η καύση της κατηγορίας I εγκυμονεί λιγότερους περιβαλλοντικούς κινδύνους συγκριτικά με την κατηγορία IV με αποτέλεσμα, οι εγκαταστάσεις καύσεις που τροφοδοτούνται με απορριπτόμενη ξυλεία της κατηγορίας IV να υπόκεινται σε αυστηρότερους περιβαλλοντικούς κανονισμούς απ' ότι οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ως καύσιμο ξυλεία της πρώτης κατηγορίας. Το ίδιο βεβαίως ισχύει για τις κατηγορίες II και III.

Η κατηγοριοποίηση της απορριπτόμενης ξυλείας σύμφωνα με τη νομοθεσία των Η.Π.Α. ακολουθεί την 'φιλοσοφία' και την πρακτική που ισχύει στην Ευρώπη με κάποιες όμως διαφοροποιήσεις, οι οποίες παρατίθενται ακολούθως:

**Πίνακας 3.5:** Κατηγοριοποίηση της απορριπτόμενης ξυλείας σύμφωνα με τα πρότυπα των Η.Π.Α

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΗΓΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ
Ακατέργαστη	<ul style="list-style-type: none"> <li>κατάλοιπα δασικής εκμετάλλευσης</li> </ul>
Κατεργασμένη	<ul style="list-style-type: none"> <li>έπιπλα</li> </ul>
Απορριπτόμενη ξυλεία που περιέχει φυσικώς διαχωρίσιμα επιπρόσθετα υλικά	Κάθε είδους απορριπτόμενη ξυλεία που περιέχει μεταλλικά αντικείμενα, σκυρόδεμα, πλαστικά, χώματα κ.λπ., τα οποία μπορούν να διαχωριστούν με φυσικές διεργασίες

Σύμφωνα με τους ομοσπονδιακούς αλλά και πολιτειακούς κανονισμούς των Η.Π.Α, η απορριπτόμενη ξυλεία χαρακτηρίζεται ως στερεό απόβλητο. Σε μερικές περιπτώσεις όμως, σύμφωνα με τον Ομοσπονδιακό Νόμο περί Διατήρησης και Ανάκτησης των Πόρων (RCRA), κάποιες ποιότητες απορριπτόμενης ξυλείας χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα απόβλητα και οι κατηγορίες αυτών είναι:

- Απορριπτόμενη ξυλεία η οποία περιέχει αμίαντο, υλικό που συναντιέται στις μονώσεις αλλά και στη κατασκευή ξυλοκέραμων (shingles).
- Στρωτήρες σιδηροδρόμων και στύλοι οι οποίοι έχουν εμποτιστεί με creosote, ουσία η οποία όμως είναι αδιάλυτη στο νερό και κατά συνέπεια ο κίνδυνος σχηματισμού επικίνδυνων εκχυλισμάτων είναι περιορισμένος.
- Απορριπτόμενη ξυλεία εμποτισμένη με CCA (χρώμιο, χαλκός, αρσένιο), το οποίο είναι συντηρητικό που διαλύεται στο νερό και εισχωρεί στον κυτταρικό ιστό του ξύλου με τη βοήθεια πίεσης που ασκείται μέσα σε κλειστούς κυλίνδρους. Διαλύματα του με περιεκτικότητα σε αρσένιο ή χρώμιο μεγαλύτερη των 5 mg/l θεωρούνται επικίνδυνα, αν και η Αμερικάνικη Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (US Environmental Protection Agency) εξαιρεί το ξύλο που έχει υποστεί τέτοια επεξεργασία από τα επικίνδυνα απόβλητα. Η εξαίρεση αυτή αιτιολογείται από το γεγονός ότι η σύνδεση του CCA και του κυτταρικού ιστού του ξύλου είναι δύσκολο να διαρραγεί λόγω της υπό πίεση επεξεργασίας που έχει προηγηθεί και κατά συνέπεια η περίπτωση σχηματισμού εκχυλισμάτων με αυξημένες περιεκτικότητες χρωμίου και αρσένιου είναι περιορισμένη.
- Οι πενταχλωροφαινόλες θεωρούνται επικίνδυνες σε περιπτώσεις όπου σχηματίζουν διαλύματα περιεκτικότητας μεγαλύτερης των 100 mg/l.
- Σε ότι αφορά την απορριπτόμενη ξυλεία που περιέχει μόλυβδο και υδράργυρο, οι περιεκτικότητες διαλυμάτων που χαρακτηρίζονται επικίνδυνα είναι 5.0 και 0.2 mg/l, αντίστοιχα.

Απώτερο στόχο της κατηγοριοποίησης της απορριπτόμενης ξυλείας σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά ή τα αμερικάνικα πρότυπα αποτελεί ο διαχωρισμός της σε δύο βασικές κατηγορίες, σε εκείνη που μπορεί να αξιοποιηθεί (ενεργειακά ή ως πρώτη ύλη) και σε εκείνη που επιβάλλεται η διάθεση της.

Ο τρόπος επεξεργασίας και χρήσης της και κατά συνέπεια η ποσοτική και ποιοτική επιβάρυνση της με επιπρόσθετα υλικά, είναι αυτός που καθορίζει αν η απορριπτόμενη ξυλεία θα αξιοποιηθεί ή θα οδηγηθεί σε διεργασίες διάθεσης.

### 3.1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Ενεργειακές καλλιέργειες ή ενεργειακές φυτείες δασοπονικών ειδών, ορίζονται οι φυτείες ταχείας ανάπτυξης πολυετών ξυλωδών ειδών, που επιδιώκουν την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων πρώτης ύλης, σε μικρό σχετικά χρόνο (2-5 χρόνια) εφαρμόζοντας αρχές της Γεωργικής Τεχνολογίας.

Κατάλληλα ξυλώδη φυτά για το σκοπό αυτό, πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις:

- Ταχύτητα αύξησης ειδικά στη νεαρή ηλικία.
- Ικανότητα ανάπτυξης σε πυκνές φυτείες.
- Ικανότητα φυσικής αναγέννησης από πρεμνοβλαστήματα σε διαδοχικές υλοτομίες.
- Αυξημένη δυνατότητα δέσμευσης και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας.
- Πλαστικότητα προσαρμογής στο περιβάλλον.

Στην Ελλάδα τα δασοπονικά είδη που κυρίως χρησιμοποιούνται είναι από τα γένη *Populus*, *Eucalyptus*, *Platanus* και *Salix*.

Πειραματικές φυτείες εγκαταστάθηκαν με κλώνους λεύκας που επιλέχθηκαν από το πρόγραμμα βελτίωσης, αλλά και με κλώνους που έχουν εισαχθεί και καλλιεργηθεί για πολλά χρόνια. Σε φυτείες με φυτευτικό σύνδεσμο 1m x 1m ή 2m x 2m και περίτροπο χρόνο 2-5 χρόνια, η απόδοση μεταξύ κλώνων ήταν 10-20 tn βάρος επί ξηρού ανά εκτάριο το χρόνο. Στη δεύτερη υλοτομία από πρεμνοβλαστήματα η παραγωγή ήταν αυξημένη κατά 40%. Σε μία άλλη φυτεία με φυτευτικό σύνδεσμο 0,4m x 0,4m και περίτροπο χρόνο 2 χρόνια, η απόδοση μεταξύ κλώνων ήταν 24-31 tn ξηρό βάρος ανά εκτάριο το χρόνο. Εντυπωσιακή είναι η παραγωγή των κλώνων R-440 και X-3 η οποία υπολογίστηκε αντιστοίχως σε 31 και 28 tn ξηρό βάρος ανά εκτάριο το χρόνο, δεδομένου ότι από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και όσον αφορά τη λεύκα, προκύπτει ότι λίγοι κλώνοι ξεπέρασαν τους 25 tn ανά εκτάριο το χρόνο. Στη δεύτερη υλοτομία των πρεμνοβλαστημάτων η παραγωγή ήταν μεγαλύτερη κατά 30-50% ανάλογα με τον κλώνο. Φυτεία επτά κλώνων λεύκας εγκατασταθείσα το 1985 με φυτευτικό σύνδεσμο 1m x 1m και 0,5m x 0,5m και χρόνο περιφοράς 2 χρόνια παράγαγε 15 tn βάρος επί ξηρού ανά εκτάριο το χρόνο, γεγονός το οποίο εκτιμάται ως οικονομικά αποδεκτό για την αντικατάσταση του πετρελαίου. Γενικά, η απόδοση κλώνων λεύκας είναι μεγαλύτερη όταν οι κλώνοι είναι σε μίξη γεγονός το οποίο αποδεικνύει τη σημασία της επιλογής τους και της διάταξής τους στο χώρο.

Όσον αφορά ορισμένα είδη ευκαλύπτου τα οποία έχουν άριστα προσαρμοστεί στο περιβάλλον, η απόδοση κυμαίνεται από 4-20 tη βάρος επί ξηρού ανά εκτάριο το χρόνο, ανάλογα με το είδος, τη γενετική βελτίωση, και την ποιότητα του εδάφους. Η αναγέννηση μπορεί να γίνει με πρεμνοβλαστήματα πολύ ικανοποιητικά. Φυτείες βιομάζας στην περίπτωση αυτή γίνονται με φυτευτικό σύνδεσμο 2m x 2m ή και μικρότερο, με περίτροπο χρόνο 5-6 χρόνια. Η παραγωγή βιομάζας από φυτείες πλατάνου (*Platanus orientalis* ή *Platanus occidentalis*), με περίτροπο χρόνο 5 χρόνια, ανήλθε στην τρίτη διαδοχική υλοτομία μετά από φύτευση σε 8,1-14,5 tη ξηρό βάρος ανά εκτάριο το χρόνο. Τέλος, από πειράματα μικρής έκτασης όπου χρησιμοποιήθηκε η *Salix babylonica* με φυτευτικό σύνδεσμο 0,5m x 0,5m, και περίτροπο χρόνο 2 χρόνια, η παραγωγή ήταν 30 tη ξηρό βάρος ανά εκτάριο το χρόνο.

Συγκριτικά με τη βιομάζα που είναι δυνατό να απολειφθεί από τις εκτάσεις δασικού χαρακτήρα, οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας, καθώς και την ευκολότερη υπό μορφή θερισμού συγκομιδή. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν σήμερα ιδιαίτερη σημασία για αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες προσπαθούν να μειώσουν τα οικολογικά προβλήματα επάρκειας ενέργειας και γεωργικών πλεονασμάτων μέσω των καλλιεργειών αυτών. Υπολογίζεται ότι στη χώρα μας, 1 εκατομμύριο εκτάρια καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη ή προβλέπεται να περιθωριοποιηθούν και να εγκαταλειφθούν. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί στην ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, η καθαρή ωφέλεια σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται, υπολογίζεται στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου.

### 3.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΞΥΛΙΑΣ ΩΣ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το ξύλο, σαν καύσιμο υλικό, αποτέλεσε, από πολύ παλιά, το βασικό μέσο θέρμανσης της κατοικίας του ανθρώπου. Αυτό ισχύει σε ορισμένο βαθμό και σήμερα, τόσο στις υπανάπτυκτες χώρες, όσο και στις ανεπτυγμένες οικονομικά και πλούσιες σε δάση χώρες.

Η κατανάλωση των καυσόξυλων, η οποία ήταν πολύ σημαντική σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα, και αποτελούσε τη σπουδαιότερη πηγή ενέργειας, για όλες τις βιομηχανίες, υποχώρησε με την εμφάνιση των γαιανθράκων, των πετρελαιοειδών και του ηλεκτρισμού.

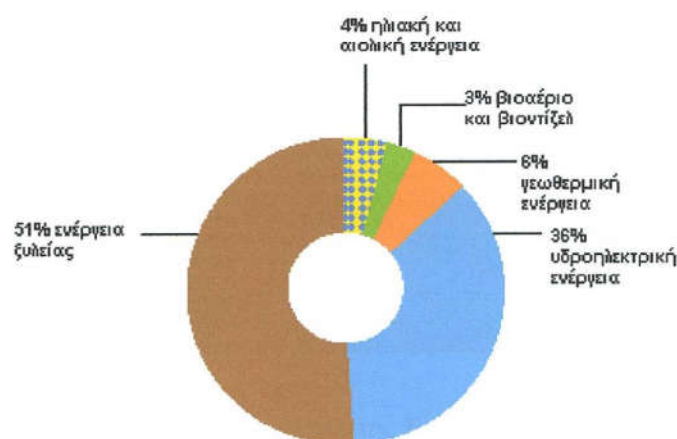
Στη χώρα μας, μέχρι τη δεκαετία του 1950, το 15% της ενέργειας προερχόταν από το δάσος, υπό μορφή καυσόξυλων και ξυλανθράκων. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 όμως, τα ελληνικά νοικοκυριά στράφηκαν σε άλλες πηγές ενέργειας και έτσι η κατανάλωση δασικής βιομάζας, για ενεργειακούς σκοπούς, συνεχώς μειώνεται.

Ακόμη και μετά την ενεργειακή κρίση του 1970, συνεχίσθηκε η πτωτική τάση της κατανάλωσης καυσίμων δασικής βιομάζας, αντίθετα από ότι συμβαίνει στις προηγμένες χώρες, στις οποίες αυξήθηκε η κατανάλωση, τόσο με την καύση των ξύλων στις εστίες των πολυτελών διαμερισμάτων, όσο και για βιομηχανική ενέργεια.



### 3.2.1 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΞΥΛΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών, ο τομέας της ενέργειας από ξυλεία δεν έχει σταματήσει να εξελίσσεται σε τεχνολογικό και βιομηχανικό επίπεδο. Η εικόνα αυτού του παραδοσιακού τομέα έχει πάρει τώρα μια νέα πνοή. Από τα 81 εκατομμύρια ΤΙΠ της πρωτογενούς ενέργειας που προέκυψαν από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2002, περισσότερο από το ήμισυ προήλθε από τον τομέα της ενέργειας από ξυλεία (βλ. **σχήμα 3.1**).



**Σχήμα 3.1:** Ποσοστό των διαφορετικών ανανεώσιμων πηγών της ενέργειας στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

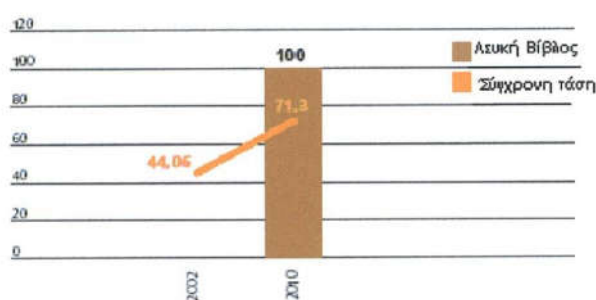
Πρόκειται για ένα σχήμα που τοποθετεί τον τομέα της ενέργειας ξυλείας στην κορυφή των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, τοποθετώντας πίσω από αυτόν τα υδροηλεκτρικά (εγκαταστάσεις μικρού και μεγάλου μεγέθους), και δείχνοντας ότι συμβάλλει από 12% ως 14% στην ηλεκτρική κατανάλωση των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το 2002, η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από την ξυλεία ανήλθε σε 44,06 εκατομμύρια ΤΙΠ για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (βλ. **πίνακα 3.6**). Αυτός ο πίνακας δείχνει μια πρόοδο της τάξης του 2,7% σε σύγκριση με το 2001.

Πολλές ευρωπαϊκές χώρες πραγματοποιούν αυτήν την περίοδο προγράμματα ανάπτυξης της ενέργειας από ξυλεία. Ο στόχος της Λευκής Βίβλου για το 2010 τέθηκε στα 100 εκατομμύρια ΤΙΠ. Αφ' ετέρου, η εκστρατεία για την «απογείωση» των ποσοστών εξέφρασε τους στόχους της από ρεαλιστική άποψη (10.000 MW<sub>th</sub> συμπαραγωγής από βιομάζα και 1 εκατομμύριο σπιτιών που θερμαίνονται με βιομάζα), το οποίο είναι αδύνατο να μεταφραστεί σε ΤΙΠ.

**Πίνακας 3.6:** Πρωτογενής ενέργεια από τη χρήση της ξυλείας στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 (σε εκατομμύρια ΤΙΠ).

Χώρα	Παραγωγή 2001	Παραγωγή 2002	Αύξηση
Γαλλία	9,14	8,48	-7,20%
Γερμανία	6,8	8	17,60%
Σουηδία	7,63	7,86	3%
Φινλανδία	6,5	6,4	-1,50%
Ισπανία	3,67	3,89	6%
Αυστρία	2,84	3,01	1,10%
Πορτογαλία	1,88	1,9	-3,90%
Ιταλία	1,52	1,46	0%
Ελλάδα	0,94	0,94	0%
Δανία	0,76	0,81	6,6%
Μ. Βρετανία	0,47	0,47	0%
Ολλανδία	0,32	0,4	25%
Βέλγιο	0,27	0,28	3,70%
Ιρλανδία	0,15	0,15	0%
Λουξεμβούργο	0,01	0,01	0%
Σύνολο	42,9	44,06	2,70%

Το **σχήμα 3.2** δείχνει ότι όλες οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να πλησιάσουν συνολικά τα 71 εκατομμύρια ΤΙΠ μέχρι το τέλος του 2010, αλλά και ότι δεν βρισκόμαστε στο ποσοστό αύξησης που θα έπρεπε για να φθάσουμε στο στόχο. Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι σύμφωνα με τις προβλέψεις του Ενεργειακού Βαρόμετρου για την ξυλεία (2001) υπολογίστηκαν τα αποτελέσματα για το 2010 σε 62 εκατομμύρια ΤΙΠ. Το ποσοστό αύξησης για όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση επομένως έχει ενισχυθεί. Επιπλέον, στα έτη που απομένουν πριν από την ημερομηνία λήξης μπορεί να πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ή ισχυρά εθνικά προγράμματα που θα επηρεάσουν περαιτέρω αυτές τις προβλέψεις.



**Σχήμα 3.2:** Σύγκριση μεταξύ των στόχων σύγχρονης τάσης και της Λευκής Βίβλου (σε ΜΤΙΠ.)

### 3.2.2 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΞΥΛΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τα τελευταία χρόνια, στην Ελλάδα, στα πλαίσια των προσπάθειών που καταβάλλονται από μέρος της πολιτείας για αύξηση της συνεισφοράς των ΑΠΕ στην εσωτερική ενεργειακή παραγωγή, παρατηρείται ότι το ξύλο συμβάλει σημαντικά σε αυτό. Στον **πίνακα 3.7**, παρουσιάζεται το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, όπου φαίνεται η παραγωγή και η διάθεση της βιομάζας, της γεωθερμίας και της ηλιακής ενέργειας. Στην περίπτωση της βιομάζας, παρουσιάζεται λεπτομερώς, η συνεισφορά των διαφόρων μορφών της (ξύλο, βιοαέριο, MSW-αστικά στερεά απορρίμματα). Από αυτό τον πίνακα, μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι 39,547 TJ βιομάζας καταναλώνονται στην Ελλάδα, δηλαδή πολλαπλάσια από τις άλλες ΑΠΕ που παρουσιάζονται. Επιπλέον, το ξύλο, με 39,488 TJ συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, αποτελεί την πιο «ισχυρή» μορφή βιομάζας για την Ελλάδα, επί του παρόντος.

Είναι γεγονός ότι, ο κύριος τύπος χρήσης της ξυλείας για ενεργειακούς σκοπούς είναι ακόμα ο παραδοσιακός αγροτικός, δηλαδή, για θέρμανση αγροικιών, ίση με 2-3 kW θερμική ενέργεια ανά σπίτι, που απαιτεί 2- 3 τόνους ξυλείας/ έτος (χλωρές ποσότητες δασικής ξυλείας). Συνεπώς, είναι εύκολο για τον καθένα να κατανοήσει γιατί είναι μεγάλο το ποσοστό του ξύλου στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας σε σχέση με τις άλλες ΑΠΕ.

Έπειτα από την παρουσίαση του **πίνακα 3.7**, θα αναλυθεί με λεπτομέρεια το δυναμικό της Ελλάδας σε ξυλεία, η οποία προέρχεται από δάση ή απορριπτόμενη ξυλεία. Οι ενεργειακές δασικές καλλιέργειες είναι προς το παρόν σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τις ακριβείς ποσότητες που διαθέτει η χώρα. Λόγω της προαναφερθείσας κατάστασης, λοιπόν, δεν αναφέρεται δυναμικό της Ελλάδας σε ενεργειακές δασικές καλλιέργειες.

Πίνακας 3.7: Εθνικό Ενεργειακό Ισοζύγιο για ΑΠΕ το 2000

		Γεωθερμική Ενέργεια	Ηλιακή Ενέργεια	Βιομάζα			
				Συνολική	Ξύλο κτλ	MSW	Βιοαέριο
		TJ	TJ	TJ (GCV)	TJ (GCV)	TJ (GCV)	TJ (GCV)
1	Κύρια Παραγωγή	67	4,135	39,547	39,488		59
2=1	Συνολική εσωτερική κατανάλωση	67	4,135	39,547	39,488		59
3	Συνολική μετατροπή ενέργειας						
4	Δημόσιοι Σταθμοί παραγωγής ενέργειας						
5	Σταθμοί αυτοπαραγωγής						
6	Τοπικοί σταθμοί παραγωγής θερμότητας						
7	Κατανάλωση ενεργειακών κλάδων						
8	Απώλειες μεταφοράς						
9	Διαθέσιμο τελική κατανάλωση	67	4,135	39,547	39,488		59
10	Συνολική κατανάλωση ενέργειας	67	4,135	39,547	39,488		59
11	<b>Βιομηχανίες, όπως:</b>			10,108			13
12	Βιομηχανίες σιδήρου και ατσάλιου						
13	Βιομηχανίες τροφών, ποτών και καπνού			13			13
14	Άλλες βιομηχανίες			10,095	10,095		
15	Οικιακή χρήση		4,135	29,393	29,393		
16	Γεωργία	67					
17	Άλλα			46			
18	Στατιστική Διαφορά	0	0	0	0		0
	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (GWh)	0	0	0,66	0	0	0,66
	Συνολική Παραγωγή Θερμότητας (TJ από την οποία: πωλήσεις τρίτους		4,135	39,547	39,488	0	59
			0	0	0	0	0

### 3.2.2.1 Δασική ξυλεία

Το ενεργειακό δυναμικό των δασικών υπολειμμάτων, που δύνανται να απολειφθούν τεχνικά, ανέρχεται σε άνω των 126 χιλιάδων ΤΙΠ ετησίως σε επίπεδο χώρας, 30% περίπου του αντίστοιχου της ετήσιας παραγωγής καυσόξυλων σήμερα. Στον Πίνακα 3.8. φαίνεται το ενεργειακό δυναμικό των απολήψιμων τεχνικά υπολειμμάτων κατά δασική περιφέρεια, μη συμπεριλαμβανομένων των πρεμνών.

Για τον προσδιορισμό του οικονομικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού βιομάζας δασικών υπολειμμάτων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι απαραίτητη η κοστολόγηση της συγκομιδής.

Οι παράγοντες, που καθορίζουν το εκάστοτε οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας δασικής προέλευσης, διακρίνονται σε αυτούς, που είναι σχετικοί με την εξασφάλιση της πρώτης ύλης (βιομάζας) και σε αυτούς, που είναι σχετικοί με την περαιτέρω μετατροπή- επεξεργασία και ενεργειακή αξιοποίηση αυτής. Στους πρώτους ανήκουν οι εξής:

- Η μέθοδος υλοτομίας (επιλεκτική, αποψιλωτική σε μικρές επιφάνειες κ.λπ.).
- Η αποδοτικότητα των τεχνολογιών συγκομιδής και χειρισμού βιομάζας, ιδίως στις μεγάλες κλίσεις, που επικρατούν στις δασικές εκτάσεις.
- Η μέθοδος εκμετάλλευσης του δάσους, είτε με το σύστημα της δι' αυτεπιστασίας εκμετάλλευσης, με ανάθεση των υλοτομικών εργασιών και εργασιών μετατόπισης μέσω της ΚΕΔ (Κρατική Εκμετάλλευση Δασών), είτε με παραχώρηση των λημμάτων στους δασικούς συνεταιρισμούς εργασίας (ΠΔ 126/1986).
- Η ύπαρξη εργατικού δυναμικού (συνεργεία συγκομιδής, υλοτόμοι, μεταφορείς κλπ.) και η εμπειρία του.
- Το ανάγλυφο του εδάφους (βαθμός προσπέλασης).
- Η πυκνότητα (απόσταση μετατόπισης της βιομάζας έως το δασόδρομο) και η κατάσταση του δασικού οδικού δικτύου (ικανότητα κίνησης οχημάτων μικρής ή μεγάλης χωρητικότητας).
- Η εποχή συγκομιδής. Οι κακές καιρικές συνθήκες στις ορεινές περιοχές, κατά τους χειμερινούς μήνες, δημιουργούν κακές συνθήκες εργασίας του προσωπικού και μεταφοράς της βιομάζας.

Οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν τη διαμόρφωση της τιμής της βιομάζας στο δασόδρομο ή στα όρια του δάσους.

Το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας καθορίζεται και από τους εξής παράγοντες:

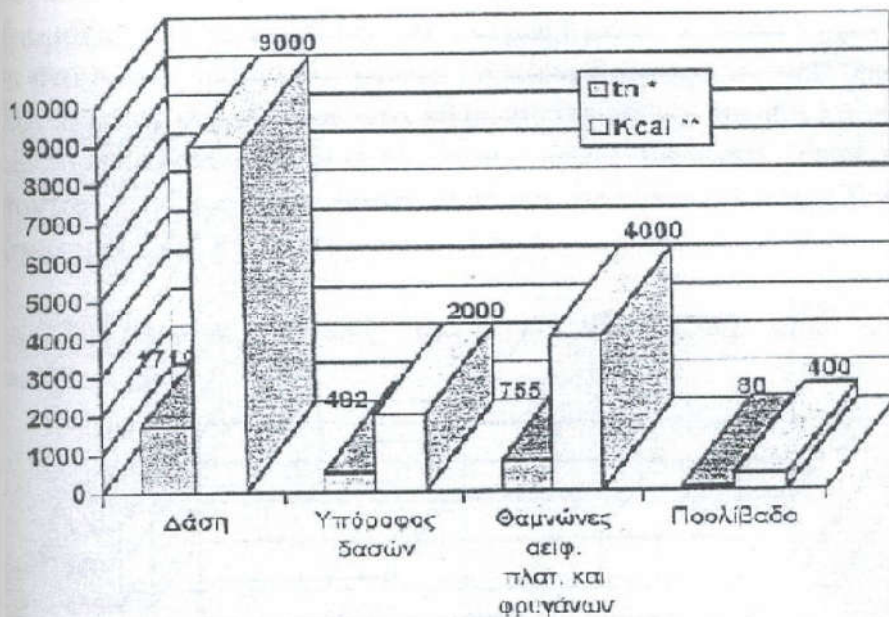
- Την τιμή της βιομάζας, στην πιο εύχρηστη μορφή της, θρυμματισμένο ξύλο - woodchips, σε σχέση με την τιμή των άλλων συμβατικών καυσίμων και το σχετικό κόστος μετατροπής αυτών σε θερμότητα ή αλλιώς, την τιμή της παραγόμενης μονάδας ενέργειας από βιομάζα, σε σχέση με την τιμή παραγόμενης μονάδας ενέργειας από συμβατικά καύσιμα.
- Την απόσταση του τόπου παραγωγής της βιομάζας, από τον τόπο κατανάλωσης της.

**Πίνακας 3.8:** Κατανομή δασικής βιομάζας και ενεργειακού δυναμικού, τεχνικά απολήψιμων δασικών υπολειμμάτων, κατά δασική περιφέρεια

	Βιομηχανική Ξυλεία		Καυσόξυλο	Λήμμα (Βιομηχ. Ξυλεία και καυσόξυλο)	βιομάζα που παραμένει στο δάσος(φύλλα, ρίζες, πρέμνα)	Απολήψιμα πολεήματα(λοιοί, κλαδιά)	Ενεργειακό δυναμικό απολήψιμων υπολειμμάτων υλοτομιών
	m <sup>3</sup>	τόνοι					
<b>Βόρεια Μακεδονία- Θράκη</b>							
Κωνοφόρα	95.241	66.670	17.034	83.704	28.710	14.062	4.359
Πλατύφυλλα	146.000	116.800	379.749	496.549	365.460	131.089	40.638
<b>Κεντρική- Δυτική Μακεδονία</b>							
Κωνοφόρα	31.640	22.148	20.953	43.101	14.784	7.241	2.245
Πλατύφυλλα	65.951	52.761	267.335	320.096	235.591	84.505	26.197
<b>Πελοπόννησος</b>							
Κωνοφόρα	54.104	37.873	6.346	44.219	15.167	7.429	2.303
Πλατύφυλλα	6.683	5.346	83.424	88.770	65.335	23.435	7.265
<b>Κεντρική Ελλάδα</b>							
Κωνοφόρα	128.695	90.086	42.597	132.683	45.510	22.291	6.910
Πλατύφυλλα	29.315	23.452	163.157	186.609	137.344	49.265	15.272
<b>Αιγαίος</b>							
Κωνοφόρα	27.134	18.994	33.248	52.242	17.919	8.777	2.721
Πλατύφυλλα	7.003	5.602	35.712	41.314	30.407	10.907	3.381
<b>Ευβοία και νησιά Αιγαίου</b>							
Κωνοφόρα	23.610	16.527	40.431	56.958	19.537	9.569	2.966
Πλατύφυλλα	592	474	148.344	148.818	109.530	39.288	12.179
<b>Κρήνη</b>							
Κωνοφόρα	257	180	19	199	68	33	10
Πλατύφυλλα	126	101	3.472	3.573	2.630	943	292
<b>Σύνολο</b>	<b>516.351</b>	<b>457.014</b>	<b>1.241.821</b>	<b>1.698.835</b>	<b>1.087.992</b>	<b>408.834</b>	<b>126.738</b>

Η συνολική ποσότητα της βιομάζας των εκτάσεων δασικού χαρακτήρα ανέρχεται σε 148.397.000 tη ξηρής ύλης με το μεγαλύτερο δυναμικό (113.750.000 tη ξηρής ύλης) να προέρχεται από τα δάση. Η συνολική όμως ποσότητά της η οποία θα μπορούσε ετησίως να αποκομισθεί, βάσει των διαχειριστικών σχεδίων, ανέρχεται σε 3.046.000 tη ύλης επί ξηρού με ενεργειακό περιεχόμενο  $14.677 \times 10^9$  Kcal και κατανέμεται ως ακολούθως (Σχήμα 3.3).





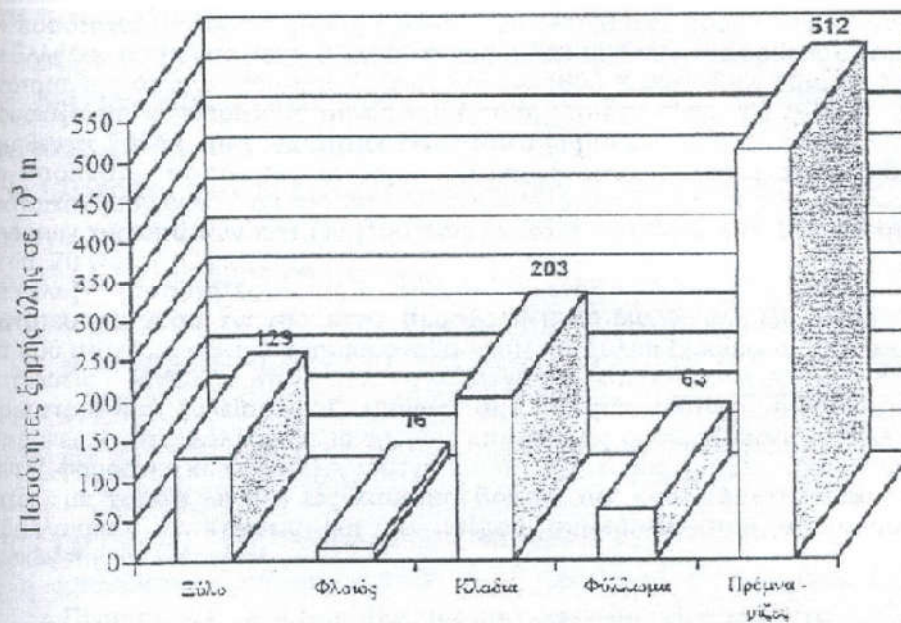
**Σχήμα 3.3:** Ετήσια δυνατή απόληψη βιομάζας εκτάσεων δασικού χαρακτήρα και ενεργειακό περιεχόμενο αυτής.

Όμως, η συνολική ετήσια ποσότητα βιομάζας δασών και δασικών εκτάσεων που σήμερα αποκομίζεται, ανέρχεται σε 1.407.000 tn ξηρής ύλης, από την οποία 796.000 tn συγκομίζονται από τα δάση, από τα οποία τα τρία τέταρτα της ετήσιας παραγωγής τους είναι καυσόξυλα. Συνεπώς, η ετήσια παραγωγή δασικών καυσόξυλων ανέρχεται σε περίπου 597.000 tn ξηρής ύλης με ενεργειακό περιεχόμενο  $2.810 \times 10^9$  Kcal. Κύριες πηγές καυσόξυλου στην βόρεια Ελλάδα αποτελούν τα δασοπονικά είδη *Quercus conferta*, *Quercus coccifera* και *Fagus sp.*, ενώ στην νότια Ελλάδα τα δασοπονικά είδη *Pinus halepensis*, *Pinus brutia* και *Abies chephalonica*.

Επιπρόσθετα, ορισμένες ποσότητες βιομάζας από εκτάσεις δασικού χαρακτήρα είναι δυνατόν επίσης να απολειφθούν από διανοίξεις δασικού οδικού δικτύου είτε από διανοίξεις ή και από συντηρήσεις αντιπυρικών ζωνών σε υπό διαχείριση ή μη δασικές εκτάσεις.

Πρέπει να επισημανθεί βέβαια, ότι οι παραγωγικές δυνατότητες των ελληνικών δασών είναι μεγαλύτερες, από αυτές που δείχνουν οι αριθμοί που προαναφέρθηκαν. Από διάφορες αιτίες, αρκετά δάση μένουν σήμερα εκτός διαχείρισης και φυσικά εκτός της παραγωγικής διαδικασίας. Την πρώτη θέση μεταξύ των δασών αυτής της κατηγορίας παίρνουν τα δάση χαλεπίου πεύκης και τα πρεμνοφυή δάση αείφυλλων πλατύφυλλων. Η εκμετάλλευση αυτών των δασών μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις παραγόμενες ποσότητες ξύλου και γενικότερα βιομάζας.

Κατά τη συγκομιδή του ξύλου από το δάσος λαμβάνεται συνήθως μόνο το 50% περίπου της βιομάζας και το πολύ 60- 65% (μαζί με τα κλαδιά), ενώ η υπόλοιπη βιομάζα παραμένει στο δάσος ως υπολείμματα (η μισή βιομάζα συγκεντρώνεται στον κορμό, και η υπόλοιπη μισή μοιράζεται στα κλαδιά, τις ρίζες, τα φύλλα, τις κορυφές και τα πρέμνα). Εκτιμάται ότι 923.000 tn ξηρής ύλης υπολειμμάτων συγκομιδής ξύλου εγκαταλείπονται ετησίως στα δάση αντί να αποκομίζονται (**Σχήμα 3.4**).



#### Είδος υπολειμμάτων συγκομιδής ξύλου

**Σχήμα 3.4:** Ετήσια δυνατή απόληψη βιομάζας από υπολείμματα συγκομιδής ξύλου.

Η ποσότητα αυτή βιομάζας με ενεργειακό περιεχόμενο που ανέρχεται σε  $430 \times 10^9$  Kcal επιτρέπεται να απολειφθεί από τα ισχύοντα διαχειριστικά σχέδια, χωρίς να διαταραχθεί η οικολογική ισορροπία των δασών και αφού βέβαια ερευνηθούν και προσαρμοσθούν στις συνθήκες της χώρας μας οι τεχνικές συγκομιδής που ισχύουν σε άλλες χώρες.



### 3.2.2.2 Απορριπτόμενη ξυλεία

Οι ποσότητες απορριπτόμενης ξυλείας που διατίθενται προς ανακύκλωση στην Ελλάδα, εκτιμώνται σε 1.070.000 m<sup>3</sup>/yr, ή 640.000 tn/yr, θεωρώντας μέση πυκνότητα της απορριπτόμενης ξυλείας ίση με 1600 Kg/m<sup>3</sup>. Στον Πίνακα 3.9 παρουσιάζονται οι επιμέρους πηγές προέλευσης απορριπτόμενης ξυλείας, οι προμηθευτές καθώς και δυνατότητες εκμετάλλευσης της.

Οι παρακάτω ποσότητες απορριπτόμενης ξυλείας αντιστοιχούν σε 64 Kg/κάτοικο και δεν διαφοροποιείται σημαντικά από τις ποσότητες των υπόλοιπων ευρωπαϊκών κρατών (100 Kg/κάτοικο για τη Γερμανία, 110 για την Ελβετία, 70 για την Ολλανδία).

Μεγάλες ποσότητες της απορριπτόμενης ξυλείας περιέχουν προστατευτικά μέσα ενάντια στην προσβολή μυκήτων ή εντόμων αλλά και υλικά που στοχεύουν στη αισθητική αναβάθμιση του ξύλου (χρώματα, βερνίκια, επιστρώσεις PVC κ.λπ.). Η ανεξέλεγκτη καύση επομένως της απορριπτόμενης ξυλείας και κυρίως σε ανοιχτές εστίες, μπορεί να επιβαρύνει το περιβάλλον με ιδιαίτερες επικίνδυνες ουσίες (βαρέα μέταλλα, διοξίνες/ φουράνια κλπ). Η ελεγχόμενη καύση της όμως σε βιομηχανικούς λέβητες, με χρήση λιγνίτη ως καύσιμο βάσης, αφ' ενός ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αφ' ετέρου συμβάλλει στην αξιοποίηση εγχώριων πηγών ενέργειας.

**Πίνακας 3.9:** Πηγές προέλευσης και αξιοποιήσιμες ποσότητες απορριπτόμενης ξυλείας στην Ελλάδα

Πηγή προέλευσης	Εκτιμώμενη ποσότητα που μπορεί να αξιοποιηθεί [m <sup>3</sup> /έτος]	Προμηθευτές- Παρατηρήσεις
Πριστήρια	240.000	Οι ποσότητες αυτές προκύπτουν από τα 871 prisτήρια και επιχειρήσεις πρώτης επεξεργασίας του ξύλου, καθώς και τις 10335 βιομηχανίες/ βιοτεχνίες μεταποίησης του
Άλλες βιομηχανίες, βιοτεχνίες επεξεργασίας ξύλου	110.000	Από τις επιχειρήσεις αυτές, το 20% είναι συγκεντρωμένο στην πρωτεύουσα, το 5% στη Θεσσαλονίκη, ενώ το υπόλοιπο είναι καταμεμημένο στην υπόλοιπη χώρα
Ξυλεία κατασκευών και κατεδαφίσεων	450.000	Στη χώρα μας δεν δραστηριοποιούνται εξειδικευμένες εταιρίες διαχείρισης της ξυλείας αυτής
Ξυλεία συσκευασίας	147.000	Οι περισσότερες εταιρίες διαχειρίζονται κεντρικά τις παλέτες και τα λοιπά υλικά συσκευασίας. Για το λόγο αυτό, η ανάπτυξη ενός δικτύου συλλογής και διαχείρισης των παλιών παλετών θεωρείται εφικτή αφού δεν συμπεριλαμβάνει πολυάριθμα σημεία συλλογής
Ξυλεία αστικών απορριμμάτων	73.000	Προϋποθέτει την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης στερεών απορριμμάτων
Απορριπτόμενη ξυλεία δημοσίων οργανισμών	3.500	ΔΕΗ, ΟΤΕ, ΟΣΕ και ΗΣΑΠ
<b>Σύνολο</b>	<b>1.070.000</b>	Η ποσότητα αυτή ισοδυναμεί ενεργειακά με 288.000 Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (Κ.Θ.Δ. επί ξηρού =4500 kcal/kg ξύλου)

### 3.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ

Η ακριβής γνώση των χημικών και φυσικών ιδιοτήτων των καυσίμων αποτελεί βασική προϋπόθεση προκειμένου ή χημικά δεσμευμένη ενέργεια της καύσιμης ύλης να μετατραπεί με τον ιδανικότερο δυνατό τρόπο σε θερμική ή/και ηλεκτρική. Για την σωστή σχεδίαση αλλά και την ασφαλή λειτουργία ενός συστήματος παραγωγής ενέργειας, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να τροφοδοτηθεί με απορριπτόμενη ξυλεία, όλες οι ιδιότητες που σχετίζονται με την αποθήκευση, διακίνηση, καύση και διαχείριση των στερεών και αερίων παραπροϊόντων των παραπάνω διαδικασιών πρέπει να είναι εκ των προτέρων γνωστές. Μια σύντομη παρουσίαση των ιδιοτήτων αυτών, που προκύπτουν από μια σειρά αναλύσεων ή μετρήσεων, παρατίθεται στη συνέχεια.

#### 3.3.1 ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι βασικότερες πληροφορίες που σχετίζονται με τον χαρακτηρισμό των στερεών καυσίμων προέρχονται από την άμεση και την στοιχειακή ανάλυση. Στην άμεση ανάλυση (DIN 51718-51720) προσδιορίζεται η περιεκτικότητα του καυσίμου σε τέφρα, υγρασία, πτητικά καθώς και σε μόνιμο άνθρακα. Στον πίνακα 3.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των άμεσων αναλύσεων διαφόρων δειγμάτων ξυλείας και γαιανθράκων.

Πίνακας 3.10: Άμεση ανάλυση διαφόρων κατηγοριών ξυλείας και ανθράκων (% , ως έχει)

Καύσιμο	Υγρασία	Τέφρα	Μόνιμος Άνθρακας $C_{fix}$	Πτητικά VM	VM/ $C_{fix}$
Πεύκο	28.20	0.61	3.70	67.49	18.24
Οξιά	23.55	0.61	8.94	66.89	7.48
Βερνικωμένη ξυλεία	8.92	0.28	12.38	78.42	6.33
Ξυλεία εμποτισμένη με CCA	15.73	1.52	7.92	74.83	9.44
MDF	6.78	0.50	8.73	83.99	9.62
Ξυλεία περιέχουσα κόλλες	14.55	0.60	11.79	73.06	6.19
Τραβέρσες σιδηροδρόμου	13.35	0.78	12.74	73.13	5.74
Λιγνίτης Πτολεμαΐδας	55	13.50	13.50	18.0	1.33
Λιγνίτης Γερμανίας	54	5.5	17.2	23.3	1.35

Η υψηλή περιεκτικότητα της απορριπτόμενης ξυλείας σε πτητικά, αναφορικά με τα ορυκτά στερεά καύσιμα, αποτελεί τεκμήριο για την ευκολία ανάφλεξης της, ενώ η μικρή περιεκτικότητα σε μόνιμο άνθρακα παραπέμπει στον μικρό χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της καύσης.

### 3.3.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Η στοιχειακή ανάλυση (DIN 51721 -51727) μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν την καύση, καθώς και την δυνατότητα θεωρητικής προσέγγισης των αναμενόμενων εκπομπών.

**Πίνακας 3.11:** Στοιχειακή ανάλυση διαφόρων κατηγοριών ξυλείας και ανθράκων (% επί ξηρού)

Καύσιμο	C	N	H	O	S
Πεύκο	39.58	0.08	5.17	0.19	54.13
Οξιά	38.95	0.11	4.97	0.04	55.13
Βερνικωμένη ξυλεία	46.75	0.08	6.06	0.01	46.79
Ξυλεία εμποτισμένη με CCA	41.15	0.06	5.23	0.12	51.64
MDF	46.49	2.37	5.98	0.30	44.32
Ξυλεία περιέχουσα κόλλες	46.40	0.30	5.94	0.07	46.59
Τραβέρσες σιδηροδρόμου	45.34	0.18	5.38	0.00	48.20
Λιγνίτης Πτολεμαΐδας	39.5	1.08	3.25	1.08	18.44
Λιγνίτης Γερμανίας	60.1	0.44	4.4	0.44	24.4

### 3.3.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΤΕΦΡΑΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Προκειμένου να ολοκληρωθεί ο χαρακτηρισμός των καυσίμων και να προσδιορισθούν εκ των προτέρων προβλήματα που έχουν σχέση με επικαθίσεις στα μεταλλικά τμήματα του λέβητα αλλά και η παρουσία βαρέων μετάλλων τόσο στη τέφρα όσο και στα καυσαέρια, επιβάλλεται η πραγματοποίηση στοιχειακής ανάλυσης της τέφρας των καυσίμων.

Τα δείγματα απορριπτόμενης ξυλείας που χρησιμοποιήθηκαν στο σύνολο των παραπάνω αναλύσεων αφορούσαν συγκεκριμένες κατηγορίες απορριπτόμενης ξυλείας που συλλέχθηκαν από την ευρύτερη περιοχή της βόρειας Ελλάδας. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, τόσο η σύνθεση όσο και οι ιδιότητες της απορριπτόμενης ξυλείας κυμαίνονται μεταξύ ευρέων ορίων, απόρροια του τρόπου επεξεργασίας, χρήσης και συντήρησης της. Τα όρια αυτά, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και αποτελούν προϊόν εκτεταμένων αναλύσεων δειγμάτων ξυλείας στην Γερμανία και την Ελβετία.

**Πίνακας 3.12:** Σύνθεση και ιδιότητες δειγμάτων ξυλείας σε Γερμανία και Ελβετία

	Μονάδα	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
Υγρασία	% κ.β.	10	44	22
Θερμογόνος Δύναμη	MJ/kg	12.1	16.6	14.8
Τέφρα	% κ.β.	1.6	11.1	5.3
N	Mg/kg	5600	12,000	7,900
S	Mg/kg	20	5,800	1,400
Cl	Mg/kg	20	4,400	850
Cd	Mg/kg	0.4	24	3.4
Cr	Mg/kg	14	93	32
Cu	Mg/kg	11	85	25
Hg	Mg/kg	0.05	0.7	0.3
Pb	Mg/kg	43	690	320
Zn	Mg/kg	170	960	540

### 3.3.4 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Ιδιαίτερα σημαντικό μέγεθος της ποιότητας ενός καυσίμου είναι η θερμογόνος δύναμη του, το ποσό δηλαδή της θερμότητας που παράγεται κατά την καύση 1 Kg άνθρακα ή ξύλου και εκφράζεται σε KJ/Kg ή Kcal/Kg. Η θερμογόνος δύναμη προσδιορίζεται εργαστηριακά (DIN 51900) και η προσδιοριζόμενη τιμή αναφέρεται ως ανώτερη θερμογόνος δύναμη (ΑΘΔ). Η τιμή αυτή περιλαμβάνει και την λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης των παραγόμενων υδρατμών, που προέρχονται από την εξάτμιση της περιεχόμενης υγρασίας και από την καύση των υδρογονανθράκων. Στην πράξη όμως η καύση είναι ελεύθερη και κατά συνέπεια πρέπει η λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης των υδρατμών να αφαιρεθεί. Η υπολογιζόμενη τιμή μετά την αφαίρεση της θερμότητας υγροποίησης αποτελεί την κατώτερη δύναμη (ΚΘΔ), που ενδιαφέρει πρακτικά. Στον παρακάτω Πίνακα 3.13 δίνεται η θερμογόνος ικανότητα διαφόρων κατηγοριών ξυλείας και λιγνίτη.

**Πίνακας 3.13:** Κατώτερη θερμογόνος δύναμη διαφόρων κατηγοριών ξυλείας και ανθράκων επί ξηρού βάσης.

Είδος Καυσίμου	Κ.Θ.Δ. cal/gr
Πεύκο	4,669
Οξιά	4,404
Βερνικωμένη ξυλεία	4,565
Ξυλεία εμποτισμένη με CCA	4,489
MDF	4,387
Ξυλεία περιέχουσα κόλλες	4,614
Τραβέρσες σιδηροδρόμου	4,352
Λιγνίτης Πτολεμαΐδας	3,000
Λιγνίτης Γερμανίας	5,598

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις στοιχειακές αναλύσεις των καυσίμων είναι δυνατή η υπολογιστική προσέγγιση της θερμογόνου δύναμης, γνωστή ως εξίσωση Dulong:

$$K\Theta\Delta_{\omega\phi\chi\epsilon\iota} = 33,91C_{\omega\phi\chi\epsilon\iota} + 121,42\left(H_{\omega\phi\chi\epsilon\iota} - \frac{O}{8}\right) + 104,67S_{\omega\phi\chi\epsilon\iota} - 2,5W_{\omega\phi\chi\epsilon\iota}, \quad \text{σε } MJ/kg$$

Η μετατροπή της θερμογόνου δύναμης επί φυσικού σε θερμογόνο δύναμη επί ξηρού βάσεως γίνεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$K\Theta\Delta_{\epsilon\pi\iota\zeta\eta\rho\acute{o}\upsilon} = \frac{K\Theta\Delta_{\omega\phi\chi\epsilon\iota} + 2,5W_{\omega\phi\chi\epsilon\iota}}{1 - W_{\omega\phi\chi\epsilon\iota}}, \quad \text{όπου } W_{\omega\phi\chi\epsilon\iota} \text{ είναι η \% περιεκτικότητα σε υγρασία.}$$

### 3.3.5 ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Στους παρακάτω πίνακες (3.14, 3.15) βρίσκονται οι τυποποιήσεις των βιοκαυσίμων για διάφορες χώρες της Ευρώπης.

Πίνακας 3.14: Προδιαγραφές καυσίμων για χαρακτηρισμό βιοκαυσίμων

	Αυστρία	Ελβετία	Γερμανία	Φιλανδία	Ιταλία	Ολλανδία	Σουηδία	Σύνολο
Υγρασία	X	X	X	X	X	X	X	7
Μοριακό σχήμα / μέγεθος	X	X	X	X	X	X	X	7
Θερμογόνος δύναμη	X	X	X	X	X	X	X	7
Προέλευση	X	X	X	X	X	X		6
Τέφρα	X		X	X	X	X	X	6
Πυκνότητα	X	X	X				X	4
Σουλφίδια			X	X		X	X	4
Χλωρίδια, Φθόριο			X			X	X	3
Νιτρικά			X	X		X		3
Αεριοποίηση				X		X	X	3
Διάρκεια	X						X	2
C, H, O				X		X		2
Κύρια στοιχεία				X		X		2
Δευτερεύοντα στοιχεία				X		X		2
Σημείο τήξης τέφρας				X				1
Αναλογία C/N					X			1

**Πίνακας 3.15:** Εθνικές Προδιαγραφές, Εγχειρίδια ποιοτικής Ασφάλειας και συστήματα αξιολόγησης για στερεά βιοκαύσιμα

Χώρα	Πηγή	Αριθμός ειδών καυσίμων	Ιδιότητες καυσίμων για αξιολόγηση
<b>Στερεά Βιοκαύσιμα</b>			
Ολλανδία	Σύστημα κατηγοριοποίησης βιομάζας	?	Τυπολογία, προέλευση, θερμογόνος δύναμη, σύσταση σε Cl, F, S, N, Cd, Hg και άλλα 12 βαριά μέταλλα.
Ιταλία	UNI 9220 (Γεωργικά υποπροϊόντα και υπολείμματα)	1296	Τυπολογία, σχήμα κα μέγεθος, μέγεθος πυκνότητας, σύσταση σε υγρασία και τέφρα, αναλογία C/N.
<b>Τσιπ από Ξύλο</b>			
Δανία	Πρότυπα ποιότητας της εταιρίας εμπορίας ξύλου της Δανίας	3	Μοριακό μέγεθος και μέγεθος μεταφοράς.
Φιλανδία	Ασφάλεια ποιότητας για ξυλοκαύσιμα (FINBIO, 1998)	64	Πυκνότητα ενέργειας (MWh/m <sup>3</sup> ), ποσοστό υγρασίας και μοριακό μέγεθος.
Ιταλία	UNI 9016 (Ξυλοκαύσιμα)	45	Τύπος ξύλου, σχήμα κα μέγεθος, σύσταση σε υγρασία και τέφρα.
Αυστρία	ONORM M 7133	90	Σχήμα και μέγεθος, πυκνότητα, σύσταση σε υγρασία και φλοιό.
Ελβετία	VHE Οδηγός για τον σύνδεσμο ξύλου	4	Μοριακό μέγεθος και μέγεθος μεταφοράς, σύσταση σε υγρασία και φλοιό.
<b>Πελέτες και Μπρικότες</b>			
Γερμανία	DIN 51731	5	Μέγεθος (μήκος και διάμετρος)
Σουηδία	SS 187120(Πελέτες) SS 187123(Μπρικότες)	3	Μέγεθος, διάμετρος, μέγεθος πυκνότητας, διάρκεια, θερμογόνος δύναμη, σύσταση σε υγρασία, τέφρα, σουλφίδια, πρόσθετα και χλωρίδια, υγροποίηση τέφρας.

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από τα παραπάνω, υπάρχουν πολλές παράμετροι (16) που χαρακτηρίζουν τα βιοκαύσιμα στην Ευρώπη, σε διαφορετικούς συνδυασμούς για κάθε χώρα, ενώ πολλές ευρωπαϊκές χώρες δεν διαθέτουν τυποποιήσεις για τα βιοκαύσιμα. Επιπλέον, τα συστήματα αξιολόγησης στερεών βιοκαυσίμων που διαθέτουν κάποιες από τις ευρωπαϊκές χώρες διακρίνουν τα βιοκαύσιμα σε μεγάλο αριθμό κατηγοριών. Συνέπεια αυτών είναι η δυσκολία στον προσδιορισμό συγκεκριμένων ιδιοτήτων για κάθε είδος βιοκαυσίμου σε ευρύ γεωγραφικό χώρο, όπως είναι η Ευρώπη και έτσι εμποδίζεται η εμπορία και η ευρεία χρήση τους.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **Ο ΚΥΚΛΟΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ**

Ο κύκλος αξιοποίησης της ξυλείας για ενεργειακούς σκοπούς περιλαμβάνει την προμήθεια (τη συλλογή ή συγκομιδή), την μεταφορά της ξυλείας, την αποθήκευση αυτής σε κατάλληλους χώρους και με κατάλληλο τρόπο και τελικά την ενεργειακή μετατροπή της με διάφορες διεργασίες.

#### **4.1 ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΞΥΛΕΙΑΣ**

Η προμήθεια στην περίπτωση της δασικής ξυλείας εξαρτάται από την εκμετάλλευση των δασών, απ' όπου γίνεται ο εφοδιασμός του ξυλοκαυσίμου. Στην περίπτωση της απορριπτόμενης ξυλείας η προμήθεια γίνεται από τις βιομηχανίες επεξεργασίας ξυλείας.

##### **4.1.1 ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΔΑΣΙΚΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ**

###### **4.1.1.1 Εκμετάλλευση των δασών**

Φορέας εκμετάλλευσης των δασών, είναι κατά κανόνα ο φορέας ιδιοκτησίας τους. Τα συστήματα εκμετάλλευσης των δασών είναι:

α. Αυτεπιστασίας από το δημόσιο: Η παραγωγή των δασικών προϊόντων γίνεται με το σύστημα της δι' αυτεπιστασίας εκμεταλλεύσεως, με ανάθεση των υλοτομικών εργασιών και των εργασιών μετατόπισης, μέσω της ΚΕΔ (Κρατική Εκμετάλλευση Δασών), στους δασικούς συνεταιρισμούς, που αμείβονται κατά μονάδα παραγωγής δασικού προϊόντος, δηλαδή με αποκοπή κατά κυβικό μέτρο, για την υλοτομία, αποφλοίωση και μετατόπιση της ξυλείας στο δασόδρομο.

Η ξυλεία, που παράγεται με τον τρόπο αυτό, διατίθεται στην αγορά με το σύστημα των δημοπρασιών. Με το σύστημα αυτό, υπάρχει το πλεονέκτημα της συγκομιδής ξύλου, όλων των προϊόντων του δάσους, άσχετα εάν αφήνουν εμπορικό κέρδος στον εκμεταλλευτή, υπάρχει κάποιος έλεγχος στην ποιότητα των παραγόμενων ξύλινων προϊόντων, καθώς και μείωση των ζημιών στο δάσος.

Η συγκομιδή όμως του ξύλου, λόγω της γραφειοκρατίας και του δημόσιου λογιστικού, διαρκεί από λίγους έως πολλούς μήνες, με όλες τις δυσμενείς συνέπειες (υποβάθμιση ποιότητας προϊόντων ξύλου και υγείας δάσους, ακινητοποίηση κεφαλαίων κ.ά.).

β. Μίσθωσης της παραγωγής του δάσους από τους δασικούς συνεταιρισμούς εργασίας: Το δημόσιο εκμισθώνει την παραγωγή (λήμμα) στους δασικούς συνεταιρισμούς, με καταβολή μισθώματος κατά μονάδα παραγόμενου προϊόντος.

Με το Π.Δ. 126/86, η εκμετάλλευση των δασών παραχωρείται στους Αγροτικούς Δασικούς Συνεταιρισμούς, με την απόδοση του 12 % επί των ακαθάριστων εσόδων τεχνικού ξύλου και του 5 % για τα καυσόξυλα, υπέρ του Κεντρικού Ταμείου Γεωργίας, Κτηνοτροφίας και Δασών και του 5%, υπέρ των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης, ανεξάρτητα από το είδος του προϊόντος.

Με το τελευταίο, τα δημόσια δάση παραχωρούνται για εκμετάλλευση, συντήρηση και βελτίωση στους δασικούς συνεταιρισμούς εργασίας. Οι δασικοί συνεταιρισμοί, γενικά, προτιμούν να παράγουν ξύλο μεγάλων διαστάσεων και όχι δασικά προϊόντα, που έχουν μεγάλο κόστος παραγωγής σε σχέση με τη διάθεση τους (θρυμματισμένο ξύλο και καυσόξυλο). Υπάρχει δηλαδή, με αυτό το σύστημα εκμετάλλευσης, τάση εγκατάλειψης του βιομηχανικού ξύλου και του καυσόξυλου από την υλοτομία.

Με το σύστημα όμως αυτό, υπάρχει το πλεονέκτημα της έγκαιρης συγκομιδής και εμπορίας των προϊόντων ξύλου.

Σύμφωνα με στοιχεία της ΠΑΣΕΓΕΣ, στα Ελληνικά δάση, σήμερα, εργάζονται 20.000 δασεργάτες, που είναι οργανωμένοι σε 600 δασικούς συνεταιρισμούς (το έτος 1986 10-12.000 δασεργάτες και 420 συνεταιρισμοί). Παρατηρείται μια συνεχής αύξηση του αριθμού των δασικών συνεταιρισμών και των δασεργατών. Οι δασεργάτες, που εργάζονται με το ΠΔ 126/86, υλοτομούν, μετατοπίζουν και εμπορεύονται το 65% της συνολικής εγχώριας δασικής παραγωγής.

Το σύστημα, που φαίνεται να ταιριάζει, στην παραγωγή βιομάζας, οποιασδήποτε μορφής (καυσόξυλο, υπολείμματα υλοτομιών) από το δάσος, για την παραγωγή ενέργειας, είναι αυτό της εκμετάλλευσης των δασών από συνεταιρισμούς ή ιδιώτες, υπό τον έλεγχο της δασικής υπηρεσίας. Η εξωδάσωση του υλικού, που με τη μέχρι σήμερα πρακτική δεν πραγματοποιείται από τους συνεταιρισμούς, εξασφαλίζεται με την εισαγωγή σύγχρονων τεχνολογιών συγκομιδής υπολειμμάτων υλοτομιών, που μειώνουν ή εξαλείφουν τις δυσχέρειες χειρισμού αυτών, και την απόδοση μισθώματος στους εκμεταλλευτές, που θα καθορίζεται από αυτά που ισχύουν στην νομοθεσία ηλεκτροπαραγωγής.

#### **4.1.1.2 Εφοδιασμός ξυλοκαυσίμων**

Η συγκομιδή των καυσίμων από ξυλεία για την ενεργειακή παραγωγή πρέπει να είναι ακέραια σε ολόκληρη τη διαδικασία της δασικής περιοχής. Οποιοδήποτε διοικητικό καθεστώς κι αν είναι καθορισμένο για μια αγροτική δασική περιοχή, ή για τα δέντρα στις αστικές περιοχές, είναι σημαντικό να εξετάζονται όλα τα ενδεχόμενα πλήρως και να εφαρμόζονται με έναν προγραμματισμένο τρόπο.

Η κοπή των δέντρων και η φύτευση δασικών περιοχών υπόκεινται στη νομοθεσία. Η δραστηριότητα συγκομιδής και η μετέπειτα αναγέννηση της δασικής περιοχής υπόκεινται στους κανονισμούς αδειών κοπής ξυλείας και διενεργείται μέσω της διαδικασίας έγκρισης επιχορήγησης για τα δασικά σχέδια και τις εφαρμογές μεγάλων δασικών περιοχών. Περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες στις τυποποιήσεις και τις σχετικές οδηγίες της ελληνικής δασονομίας, και τον οδηγό διοικητικού προγραμματισμού περιοχών της κάθε περιοχής. Η καλή διαχείριση μπορεί να βελτιώσει την οικονομική βιωσιμότητα της δασικής περιοχής ή του δάσους, καθώς επίσης και να ωφελήσει την φύση. Κανονικά, μόνο το υλικό που αφήνεται επάνω από το έδαφος, από τα δέντρα που έχουν συγκομισθεί, πρέπει να συλλεχθεί για τα ξυλοκαύσιμα (όχι κούτσουρα ή ρίζες). Η συγκομιδή θα μπορούσε να περιλαμβάνει:



- Μικρά δέντρα
- Κορυφές και κλωνάρια
- Κλαδιά από τα πλατύφυλλα δέντρα
- Δενδροκομικά ευρήματα
- Δέντρα που έχουν πέσει στους δρόμους.

Υπάρχουν διάφορες εκτιμήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη στον προγραμματισμό και την πραγματοποίηση της συγκομιδής, η οποία εξετάζεται λεπτομερέστερα πιο κάτω:

- Προδιαγραφή καυσίμων
- Μέθοδοι συγκομιδής
- Περιορισμοί περιοχών στη συγκομιδή
- Ασφάλεια και υγιεινή
- Θόρυβος
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες
- Χρόνος της συγκομιδής

Τα συστήματα συγκομιδής πρέπει να εξεταστούν σε σχέση με τη μεταφορά, την επεξεργασία, την αποθήκευση και την ξήρανση των ξυλοκαυσίμων. Ολόκληρη η αλυσίδα ανεφοδιασμού καυσίμων θα εξαρτηθεί τελικά από τις απαιτήσεις της αγοράς.

Οι παραγωγοί ενέργειας διευκρινίζουν ότι τα ξυλοκαύσιμα θα πρέπει να παρασχεθούν σε ορισμένη μορφή. Αυτή η προδιαγραφή καθορίζεται κυρίως από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας, η οποία καθορίζεται από τις οδηγίες σχετικά με τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τον εξοπλισμό. Οι απαιτήσεις ποικίλλουν σύμφωνα με το μέγεθος και τη φύση του έργου, αλλά οι προδιαγραφές είναι πιθανό να καθορίσουν το μέγεθος σωματιδίων, την περιεκτικότητα σε υγρασία και την καθαρότητα των καυσίμων.

Οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από ξυλεία (θερμότητα ή/ και ηλεκτρική ενέργεια) μπορούν να απαιτήσουν ακατέργαστα καύσιμα από ξυλεία, όπως ξύλινους στύλους ή υλικό σε μεγάλα δέματα, που υποβάλλεται σε επιτόπια επεξεργασία, ενώ για άλλες χρήσεις θα αγοραστεί «πράσινο» (υγρό) τσιπ από ξύλο (wood chip), που ξηραίνεται στην περιοχή ή που καίγεται σε ειδικό εξοπλισμό. Σε σχηματισμούς μεγαλύτερης κλίμακας, προμηθευτές και αγοραστές μπορεί να συμφωνήσουν σε μια προδιαγραφή καυσίμων που να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των πελατών.

Για μικρότερης κλίμακας εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ξυλεία και παράγουν θερμότητα ή κάνουν συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ), ένα απλό τυποποιημένο σύστημα για να περιγραφούν τα ξυλοκαύσιμα είναι σημαντικό για να αποφευχθεί η παρανόηση μεταξύ του προμηθευτή και του αγοραστή και να εξασφαλισθεί ότι τα κατάλληλα ξυλοκαύσιμα χρησιμοποιούνται στις κατάλληλες εγκαταστάσεις μετατροπής.

### 4.1.1.3 Μέθοδοι συγκομιδής

Η επιλογή των μεθόδων και των μηχανημάτων της συγκομιδής εξαρτάται από τις συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες των περιοχών, τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη για ένα συγκεκριμένο προϊόν, την διαβάθμιση της λειτουργίας και το δασικό σχεδιάγραμμα, και καθορίζεται ως αναπόσπαστο τμήμα της γενικής συγκομιδής. Η κλίμακα του εξοπλισμού ποικίλλει από φορητά εργαλεία έως μεγάλα μηχανήματα συγκομιδής. Οι κύριες μέθοδοι συγκομιδής είναι:

#### Α. Συγκομιδή ολόκληρων δέντρων

Οι μονοφασικές διαδικασίες συγκομιδής περιλαμβάνουν ολόκληρο το δέντρο που αφαιρείται από τη ρίζα στο δασικό δρόμο. Το δέντρο διαιρείται έπειτα σε συμβατικούς κορμούς ξύλου και προϊόντα ενέργειας. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί συνήθως σχετικά περίπλοκη τεχνολογία και είναι πιο κατάλληλη για τις μεγάλες εκτάσεις κωνοφόρων δέντρων. Οι μέθοδοι εξαγωγής περιλαμβάνουν τη χρήση «γερανών» ή «παπαγάλων» για την ανέλκυση του δέντρου και την μεταφορά του από τη ρίζα του στην γη. Όπου χρησιμοποιείται η συγκομιδή ολόκληρων δέντρων, ο τύπος εξοπλισμού εξαρτάται από την περιοχή.

#### Β. Τεμαχισμός ολόκληρων δέντρων (επιτόπιος τεμαχισμός)

Ολόκληρο το δέντρο, συνήθως μικρού μεγέθους, καταρρίπτεται από την ρίζα και τεμαχίζεται, ενώ τα τεμάχια (τσιπς) μένουν στη γη.

#### Γ. Συγκομιδή υπολειμμάτων σε δεύτερο στάδιο επεξεργασίας

Το ξύλο των κορμών αφαιρείται με μια συμβατική εργασία συγκομιδής σε πρώτο στάδιο. Τα ενεργειακά στοιχεία αφαιρούνται στο δεύτερο στάδιο επεξεργασίας, είτε με τον τεμαχισμό της ρίζας και την εξαγωγή τσιπ ή από την εξαγωγή του ανέπαφου υλικού από προηγούμενο τεμαχισμό είτε στο δασικό δρόμο ή τις εγκαταστάσεις τελικής χρήσης.

Εάν τα ενεργειακά στοιχεία είναι αποσπασματικά ανέπαφα, υπάρχει η επιλογή να τα συσκευάσουμε στο δάσος που αποτίθενται για να αυξηθεί η πυκνότητά τους και να μειωθεί το κόστος των περαιτέρω μεταφορών.

#### Δ. Συγκομιδή μικρών κομματιών ξύλου

Τα δέντρα, ή τα κλαδιά των δέντρων, καταρρίπτονται και κόβονται σε μικρά μήκη χρησιμοποιώντας τσεκούρι ή αλυσοπρίονο. Τα μικρά κομμάτια τοποθετούνται έπειτα για τον τεμαχισμό τους σε ένα κεντρικό σημείο ή, όπως στον επιτόπιο τεμαχισμό, τεμαχίζονται και δημιουργούνται τσιπς. Αυτή η μέθοδος ισχύει στα πλατύφυλλα δέντρα και για χρήση στις αστικές περιοχές.

#### 4.1.1.4 Περιορισμοί στις περιοχές συγκομιδής

Οι περιορισμοί στις περιοχές συγκομιδής πρέπει να μελετηθούν σοβαρά σε πρώτη φάση δεδομένου ότι έχουν επιπτώσεις στην επιλογή της τεχνολογίας συγκομιδής καθώς επίσης και στον χρόνο και το μέγεθος της συγκομιδής. Η έκταση και ο τύπος του εδάφους, οι καιρικές συνθήκες, τα κανάλια με νερό, η ευχέρεια στην επεξεργασία της ξυλείας στην άκρη του δρόμου, η ύπαρξη αποθηκών για δεμάτια και των βιότοπων θα χρειαστούν ιδιαίτερη προσοχή.

Η συγκομιδή πρέπει πάντα να επιχειρείται με προσοχή όταν το χώμα είναι υγρό, επειδή ο βαρύς εξοπλισμός συγκομιδής στο υγρό έδαφος μπορεί να συμπιέσει το χώμα και να βλάψει την σύνθεσή του. Σε συνθήκες υγρασίας, τα οχήματα με μεγάλα λάστιχα ή τα ερπυστριοφόρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κοινού με στρώσεις τραχέων υλικών.

Θα πρέπει να δοθεί προσοχή όπου οι περιοχές είναι επιρρεπείς στο να κινδυνεύσουν θρεπτικά συστατικά ή να έχουμε καταστροφή του εδάφους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η συγκομιδή θα μπορούσε να οδηγήσει στην εδαφολογική διάβρωση και τη μόλυνση των υδάτων. Το έδαφος θα μπορούσε να πάθει ζημιά από το σχηματισμό των ιχνών που προκλήθηκε με το σύρσιμο των δέντρων κατά μήκος της ίδιας διαδρομής· αυτά τα ίχνη μπορούν να προκαλέσουν τη δημιουργία καναλιών νερού, με συνέπεια τη διάβρωση και τη μετακίνηση ιζημάτων στα κανάλια νερού ειδικά στις περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις. Οι βραχώδεις ή οι περιοχές με απότομη κλίση μπορούν επίσης να διαβρωθούν.

#### 4.1.1.5 Ασφάλεια και υγιεινή

Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των επιπτώσεων στην ασφάλεια και την υγιεινή της αστικής δασικής περιοχής που έχει αναδασωθεί και στην περισσότερο εμπορική εκμετάλλευση της δασονομίας, αν και η ευθύνη για την επιτήρηση της ανήκει σε πολλούς. Στις δασώδεις περιοχές που έχουν αναδασωθεί, μπορούν να υπάρξουν σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια ασφάλεια, ιδιαίτερα εάν ο τεμαχισμός γίνεται επιτόπια.

Θα πρέπει να υιοθετηθεί νομικό πλαίσιο για την ασφάλεια και την υγιεινή. Οι λεπτομέρειες των κανονισμών και των οδηγιών δίνονται στους οδηγούς ασφάλειας (από το Συμβούλιο δασονομίας, ασφάλειας δασονομίας και εκπαίδευσης) και στη διεύθυνση ασφάλειας και υγιεινής, από τον υπεύθυνο οργανισμό δασονομίας.

Θα πρέπει από δω και πέρα να ακολουθηθούν σύγχρονες μέθοδοι διασφάλισης της ασφάλειας και υγιεινής κατά τη διάρκεια της συγκομιδής και της διαχείρισης των ξυλοκαυσίμων. Οι χειριστές πρέπει να εκπαιδευθούν σε ασφαλείς μεθόδους εργασίας και πρέπει να χρησιμοποιήσουν επαρκή προστατευτικό ιματισμό και εξοπλισμό του προσωπικού για τις εργασίες.

Υπευθυνότητα για τη δημόσια ασφάλεια απαιτείται για όλη την διαδικασία που έχει να κάνει με τη μετακίνηση και την επεξεργασία των ξυλοκαυσίμων στην περιοχή και όλοι οι αρμόδιοι ανάδοχοι θα πρέπει να έχουν αυτή την εξασφάλιση.

#### 4.1.1.6 Θόρυβος

Ο θόρυβος από τα μηχανήματα της συγκομιδής των ξυλοκαυσίμων είναι παρόμοιος με το θόρυβο από τον κανονικό εξοπλισμό δασοκομίας. Για τους χειριστές είναι πάντα ορθή πρακτική να είναι διακριτικοί κατά την διάρκεια της εργασίας τους κοντά σε σπίτια. Θα πρέπει οι κοινωνικές σχέσεις με τους ανθρώπους που ζουν στην περιοχή να είναι αναπτυγμένες και να λαμβάνονται υπόψιν με ιδιαίτερη ευαισθησία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις δραστηριότητες σε αστικές δενδροκομικές περιοχές.

#### 4.1.1.7 Περιβαλλοντικές εκτιμήσεις

Το ποσό υλικού που λαμβάνεται από το δάσος εξαρτάται πάντα από τους στόχους διαχείρισης του δασικού πλούτου (στο σχέδιο δασικής διαχείρισης) και τις συγκεκριμένες τοπικές περιστάσεις. Γενικά, είναι ενδεδειγμένο να μην καθαρίζεται πάρα πολύ η περιοχή και να αφήνεται πάντα κάποιο υλικό για να προστατεύσει τους βιότοπους από τους μύκητες και τα έντομα και για να διατηρήσει την εδαφολογική γονιμότητα.

Οι συνέπειες της συγκομιδής στα κανάλια με νερό πρέπει να είναι, ελαχιστοποιημένες, παραδείγματος χάριν:

- Επικοινωνία με την διεύθυνση περιβάλλοντος ή τις εταιρείες νερού στα αρχικά στάδια προγραμματισμού κατά τη συγκομιδή σε περιοχή συλλογής νερού
- Προστασία οπιοωνδήποτε ιδιωτικών ή δημόσιων παροχών νερού
- Συσσώρευση της ξυλείας μακριά από τα κανάλια νερού και χωρίς να φράσσονται οι αγωγοί στις άκρες του δρόμου
- Προγραμματισμός της εξαγωγής για να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός διασταυρώσεων ρευμάτων και αγωγών.

#### 4.1.1.8 Ο χρόνος της συγκομιδής

Οι παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στο χρόνο της συγκομιδής περιλαμβάνουν:

- Την ανάγκη για τη συνοχή του ανεφοδιασμού του ξυλοκαυσίμων
- Την πρόσβαση στις ευπαθείς περιοχές
- Τα είδη δέντρου και την αρχική χρήση για την συγκομιδή ξυλείας
- Τις δασοκομικές απαιτήσεις, ανάλογα με το προϊόν της περιοχής που έχει την υψηλότερη τιμή
- Τη συλλογή σκληρού ξύλου το χειμώνα
- Τη συντήρηση

Γενικά, ο χρόνος των διαδικασιών δασοκομίας πρέπει να επιδιώκεται να ελαχιστοποιεί τη διαταραχή στην φύση. Τα άγρια πουλιά, οι φωλιές και τα αυγά τους, προστατεύονται από το νόμο πάντα, εκτός από μερικά υδρόβια πουλιά, και διάφορα άλλα είδη που μπορούν να προκαλέσουν ζημία. Επιπλέον, μερικά σπάνια πουλιά και άλλα προστατευόμενα είδη της άγριας φύσης βρίσκονται υπό ειδική προστασία, πάντα κάτω από τον νόμο για την άγρια φύση, και τις οδηγίες της Ε.Ε. για τα πουλιά. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να επιδιωχθούν οι συστάσεις νομικών αντιπροσωπειών συντήρησης.

#### 4.1.2 ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ

Στο κύκλωμα προετοιμασίας και αξιοποίησης της απορριπτόμενης ξυλείας, εμπλέκονται κατά κύριο λόγο οι παραγωγοί απορριπτόμενης ή παλιάς ξυλείας (φυσικά πρόσωπα, δημόσιες ή ιδιωτικές επιχειρήσεις), οι εταιρείες διαχείρισης και τελικά οι εταιρείες αξιοποίησης ή διάθεσης, όπως παρατίθενται στο **Σχήμα 4.1**.



**Σχήμα 4.1 :** Εμπλεκόμενοι φορείς κατά την αξιοποίηση της απορριπτόμενης ξυλείας

Όπως προκύπτει και από το παραπάνω Σχήμα, οι εταιρείες διαχείρισης απορριπτόμενης ξυλείας αποτελούν τον ενδιάμεσο κρίκο μεταξύ των παραγωγών και των εταιρειών αξιοποίησης ή διάθεσης. Προκειμένου επομένως να λειτουργήσει αποτελεσματικά το κύκλωμα αξιοποίησης, απαιτείται εκ μέρους των εταιρειών διαχείρισης απορριπτόμενης ξυλείας να διασφαλίζουν τα εξής:

1. Ασφάλεια εφοδιασμού
2. Επεξεργασία της απορριπτόμενης ξυλείας με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζονται οι προδιαγραφές που απαιτούνται από την πλευρά των εταιρειών αξιοποίησης.

## 4.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ

Οι μετακινήσεις μέσα και έξω από το δάσος, μπορεί να αυξηθούν με τη συγκομιδή των ξυλοκαυσίμων επειδή ο όγκος των προϊόντων του δάσους είναι μεγαλύτερος. Εντούτοις, τα αποτελέσματα της αυξανόμενης κυκλοφοριακής ροής μπορούν να γίνουν πολύ πιο αισθητά γύρω από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, δεδομένου ότι εκεί συγκεντρώνεται η κυκλοφορία. Όπως και στη διανομή καυσίμων, εδώ μπορεί να υπάρξει και κάποια κυκλοφορία που δημιουργείται από τους εργαζομένους στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και στις βοηθητικές υπηρεσίες.

Η διαβάθμιση των μετακινήσεων θα εξαρτηθεί από το μέγεθος του εργοστασίου, αλλά οι αγροτικοί δρόμοι είναι πιθανό να επηρεάζονται από την αυξανόμενη κυκλοφοριακή ροή. Οποιαδήποτε άδεια προγραμματισμού μπορεί να περιορίσει τους χρόνους διανομής, να απαιτήσει καθορισμό των δρόμων συμπεριλαμβανομένης της χωρητικότητας των δρόμων και των γεφυρών, να διευκρινίσει τους τύπους και το μέγεθος των οχημάτων και να απαιτήσει να υπάρχει δημόσια συναίνεση.

Η επιλογή οχήματος καθορίζεται συνήθως από το μέγιστο φορτίο, το μέγεθος των οχημάτων, την αποδοτικότητα των καυσίμων, την πρόσβαση στο δάσος και την ικανότητα επιτόπου αποθήκευσης. Για πολύ μικρό σχηματισμό είναι πιθανό ένα τρακτέρ και ένα ρυμουλκό αποτελούν την καλύτερη επιλογή. Εντούτοις, για τους σχηματισμούς οποιουδήποτε σημαντικού μεγέθους, τα συμβατικά tipper ή curtain-sided φορτηγά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά τσιπ, και τα φορτηγά επίπεδης βάσης ή τα φορτηγά ξυλείας για τη μεταφορά υλικού που δεν έχει κοπεί σε τσιπ.

Ο σχεδιαστής των εγκαταστάσεων θα προτείνει τη βέλτιστη απόσταση που μπορούν να μεταφερθούν τα καύσιμα για το συγκεκριμένο έργο. Συνολικά, η ενεργειακή ισορροπία που συνδέεται με τη χρησιμοποίηση των ξυλοκαυσίμων για την παραγωγή ενέργειας έχει δυσμενείς επιπτώσεις εάν απαιτούνται οδικές μεταφορές μεγάλων αποστάσεων.

Οι συνέπειες από την κυκλοφορία μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με διάφορους τρόπους:

- Τοποθετώντας τη μονάδα παραγωγής ενέργειας κοντά στις πηγές καυσίμου. Οι τοπικές πηγές εφοδιασμού καυσίμων όχι μόνο μπορούν να είναι οικονομικότερες, αλλά είναι επίσης πιθανό να είναι πιο αποδεκτές στην τοπική κοινωνία και την αρχή προγραμματισμού
- Εντοπίζοντας τις εγκαταστάσεις κοντά στις υπάρχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ή σε διασταύρωση αυτοκινητοδρόμων ή σε παρακαμπτήρια σιδηροδρομική γραμμή
- Αναπτύσσοντας και χρησιμοποιώντας εναλλακτικές λύσεις στις οδικές μεταφορές, όπως η μεταφορά με τρένο ή η υδάτινη μεταφορά
- Η καθιέρωση ενός δεδομένου στόλου φορτηγών, σε μεγαλύτερους σχηματισμούς, για να βοηθηθεί η εξασφάλιση ενός περιορισμένου αριθμού βαρέων οχημάτων.
- Εξετάζοντας τη δυνατότητα για αύξηση της πυκνότητας της ξυλείας ως καύσιμο στην πρωτογενή επεξεργασία
- Διευκρίνιση των περιορισμών και των υποχρεώσεων στις συμβάσεις με τις εταιρείες μεταφορών
- Ελαχιστοποίηση των εκπομπών από τα οχήματα
- Ελαχιστοποίηση του όγκου κυκλοφορίας (που θα έχει οικονομικά καθώς επίσης και περιβαλλοντικά οφέλη)

- Εξασφαλίζοντας ότι χρησιμοποιούνται οχήματα που είναι αποδοτικά ως προς το καύσιμο και καλοδιατηρημένα.

### 4.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Οι περισσότεροι σχηματισμοί απαιτούν κάποια μορφή αποθήκευσης των ξυλοκαυσίμων. Παραδείγματος χάριν, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί μια συνεχή τροφοδοσία καυσίμου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με τις προφανείς επιπτώσεις αποθήκευσης, συμπεριλαμβανομένης της μονάδας προσωρινής αποθήκευσης σε περίπτωση που ο καιρός είναι κακός, κάτι που έχει επίπτωση στην παροχή του καυσίμου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, κάποιο υλικό θα αποθηκευτεί στο δάσος για μια χρονική περίοδο. Εντούτοις, αυτό είναι λιγότερο συνηθισμένο στα αστικά δάση που έχουν εκτενή δημόσια πρόσβαση και όπου οι κίνδυνοι από βανδαλισμούς (στο ή με το ξύλο) και των κινδύνων πυρκαγιάς πρέπει να είναι ληφθούν υπόψη. Σε αυτές τις συνθήκες, η αποθήκευση μπορεί να είναι σε μια ενδιάμεση θέση ή στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Ο χώρος που απαιτείται για την αποθήκευση εξαρτάται από την παραγωγή, το μέγεθος των δασών και τις εκτιμήσεις των εμπορικών κινδύνων (παραδείγματος χάριν, τις ποσότητες αποθεμάτων σε καύσιμα που υπολογίζεται ότι χρειάζονται).

Γενικά, η οπτική επίδραση θα είναι αμελητέα: οι εγκαταστάσεις που αποθηκεύονται τα ξυλοκαύσιμα τείνουν να είναι μακριά από το δάσος. Εντούτοις, θα πρέπει να ληφθεί φροντίδα ώστε οι σωροί του ξύλου να είναι απρόσκοπτοι. Εάν το ξύλο που έχει συγκομισθεί απαιτεί κάποια μορφή προστασίας από τον καιρό, αυτή θα πρέπει να είναι απλή και απρόσκοπτη ή παρεχόμενη από μία υπάρχουσα διεύθυνση.

Η θέση του χώρου αποθήκευσης στο δάσος καθορίζεται από ό,τι βρίσκεται στο δασικό έδαφος και από ό,τι βρίσκεται κοντά σε αυτό: παραδείγματος χάριν, η αποθήκευση ξυλοκαυσίμων πρέπει να είναι μακριά από κανάλια και αγωγούς με νερό για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο της διήθησης προκαλώντας μόλυνση των υδάτων.



Σχήμα 4.2: Αποθήκευση τσιπ από ξύλο στο δάσος.

## 4.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

### 4.4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΑΣΙΚΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ

Τα ξυλοκαύσιμα χρειάζονται κάποια μορφή επεξεργασίας πριν από την καύση, πρώτιστα μείωση μεγέθους και ξήρανση, καθώς απαιτείται και αποθήκευση. Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να γίνουν στο δάσος, ή στις εγκαταστάσεις του τελικού καταναλωτή.

#### 4.4.1.1 Μείωση μεγέθους

Τρεις τύποι εξοπλισμού είναι γενικά κατάλληλοι για τον θρυμματισμό των ξυλοκαυσίμων σε μικρότερα κομμάτια:

- Οι θρυμματιστές είναι αποδεδειγμένα καλές μονάδες με αιχμηρές λεπίδες που διασπούν το ξύλο με ένα σταθερό αμόνι. Προορισμένα πρώτιστα για το «πράσινο» ξύλο (η ξηρότερη ξυλεία οδηγεί σε υψηλά ποσοστά φθοράς), υπάρχει παραγωγή σκόνης και η σμίλευση μπορεί να είναι ανώμαλη. Οι μηχανές είναι ευπαθείς στη επιβάρυνση του εδάφους και στις πέτρες και, επειδή είναι θορυβώδεις, μπορεί να έχουν περιορισμένες ώρες εργασίας.
- Οι σφυρόμυλοι είναι τμήματα μετάλλου που κινούνται γρήγορα για να κομματιάσουν το ξύλο και να το θρυμματίσουν περαιτέρω κόντρα σε ένα κόσκινο από μέταλλο. Οι μηχανές είναι εύκολο να συντηρήσουν και να χειριστούν μολυσμένο υλικό, αν και τείνουν να παράγουν χοντροκομμένα τσιπ, διαφορετικού μεγέθους. Όπως οι θρυμματιστές, έτσι και οι σφυρόμυλοι είναι θορυβώδεις και μπορεί να υπόκειται σε περιορισμένες ώρες εργασίας.
- Οι τεμαχιστές είναι αργόστροφες μηχανές που κόβουν την πρώτη ύλη τροφοδοσίας με το περιστροφικό μέρος τους και έχουν το πλεονέκτημα των χαμηλότερων επιπέδων θορύβου. Πολύ διαφορετικού μεγέθους κομμάτια θα δημιουργηθούν μόνο αν εγκατασταθεί ένα κόσκινο.

Όπου χρησιμοποιούνται τσιπς από ξύλο σε εξοπλισμό με άμεση καύση, το μέγεθος των τσιπς που απαιτείται από το σύστημα τροφοδοσίας λεβήτων του κατασκευαστή πρέπει να εξακριβωθεί πριν λάβει τα τσιπς από ξύλο από τον προμηθευτή, ή πριν ζητηθεί εξοπλισμός για τεμαχισμό ή θρυμματισμό.

#### 4.4.1.2 Ξήρανση

Ξηραίνοντας την ξυλεία βελτιώνουμε τη θερμογόνο δύναμη και κάνουμε την αποθήκευση ευκολότερη. Η υγρή ξυλεία (στύλοι και τσιπς) είναι επιρρεπής στην προσβολή από μύκητες με αποτέλεσμα να εμφανισθεί αποσύνθεση. Όσο πιο υγρό το υλικό, τόσο λιγότερο επιρρεπές είναι αυτό στην αποσύνθεση.

Η κατάλληλη περιεκτικότητα των καυσίμων σε υγρασία πρέπει να καθοριστεί σε συνεννόηση με το χειριστή των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας.

Το ξύλο θα ξηραθεί στο δάσος υπό τις σωστές συνθήκες. Η καλύτερη επιλογή είναι πιθανό να είναι η αποθήκευση ως άμορφη μάζα για περίπου έξι μήνες, μετά τους οποίους θα ακολουθήσει η κοπή τους σε τσιπς και η περαιτέρω ξήρασή τους. Η συμπιεσμένη μάζα από κωνοφόρα είναι απίθανο να ξηραθεί εκτός αν ξανοιχτεί χύμα, συσκευασμένα ή συσσωρευμένα υπολείμματα θα πρέπει να ξηραθούν επαρκώς με τον αέρα εάν έχουν διαχειριστεί κατάλληλα.



Η άμορφη μάζα από τη δασονομία ή τη δενδροκομία μπορεί συχνά να τεμαχιστεί σε τσιπς κατά τη συγκομιδή ως τμήμα της διαδικασίας για τον καθαρισμό και την εύρυθμη λειτουργία της περιοχής. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το σύνολο των σωρών ή ο τεμαχισμός μπορεί να είναι προτιμότερο να γίνει σε μικρά τσιπ, δεδομένου ότι οι σωροί των χοντροκομμένων τεμαχίων και το σύνολο των σωρών θα έχουν μεγαλύτερα διάκενα και θα είναι ευκολότερο να αεριστούν. Οι πολύ μεγάλοι σωροί του ξύλου (πάνω από 3 μέτρα ύψος) πρέπει να διαχειριστούν προσεκτικά για να αποφευχθούν υπερθερμάνσεις και για να ελαχιστοποιηθεί η σκόνη, τα σωματίδια και άλλες εκπομπές.

Στο Ην. Βασίλειο, η ξυλεία μπορεί να αφυγρανθεί με αέρα με ποσοστό περίπου 20% περιεκτικότητα σε υγρασία, αν και αυτό εξαρτάται κατά πολύ από τις καιρικές συνθήκες. Σε κάποιες περιπτώσεις, απαιτείται εξαναγκασμένη ξήρανση για να μειωθεί η περιεκτικότητα σε υγρασία σε επιτρεπόμενα επίπεδα.

Περνώντας αέρα μέσω ενός σωρού με τσιπς από ξύλα βοηθάει την ξήρανση. Η φυσική θέρμανση του σωρού μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον αέρα, ώστε να επιταχυνθεί η διαδικασία ξήρανσης. Περνώντας θερμό αέρα, που προέρχεται από τα καυσαέρια μιας μηχανής ή από ένα μονωμένο χώρο με λέβητα, μπορεί να επιταχυνθεί περαιτέρω το ποσοστό ξήρανσης. Η έρευνα συνεχίζεται σε αυτά τα ζητήματα.

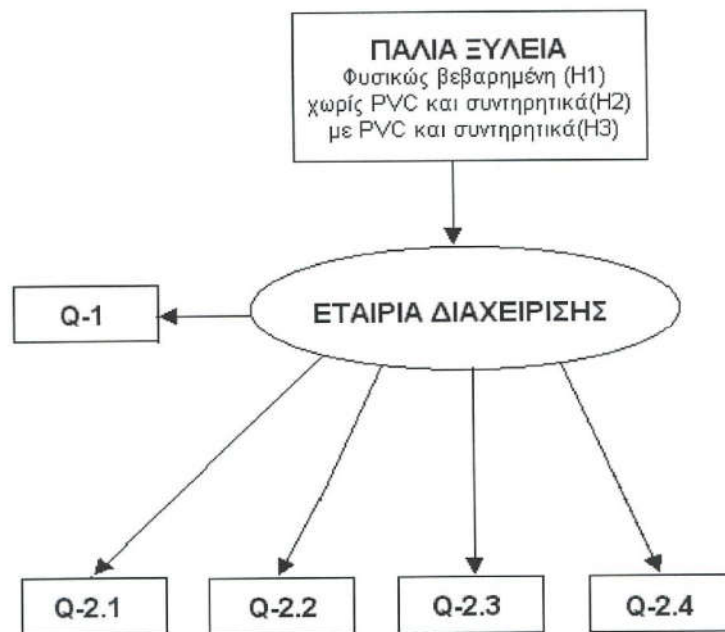
#### **4.4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ**

Στόχο των εταιρειών διαχείρισης απορριπτόμενης ξυλείας αποτελεί η παραγωγή αξιοποιήσιμης πρώτης ύλης ή/ και η παραγωγή ενός CO<sub>2</sub>-ουδέτερου καυσίμου, με ανταγωνιστικό κόστος, ξεκινώντας από ένα υλικό με ευρέως κυμαινόμενα και σε αρκετές περιπτώσεις άγνωστα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η διεθνής εμπειρία, από την μέχρι τώρα λειτουργία των εταιρειών συλλογής και επεξεργασίας της απορριπτόμενης ξυλείας, συνιστά την συσσώρευση των ποσοτήτων που παραλαμβάνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία (H<sub>1</sub>)
2. Κάθε είδους απορριπτόμενη ξυλεία μη περιέχουσα PVC και συντηρητικά (H<sub>2</sub>)
3. Απορριπτόμενη ξυλεία περιέχουσα PVC και συντηρητικά (H<sub>3</sub>)

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται παραστατικά οι διάφορες κατηγορίες αξιοποιήσιμων αποβλήτων που προκύπτουν με πρώτη ύλη τις προαναφερόμενες κατηγορίες απορριπτόμενης ξυλείας.



όπου:

Q-1: πρώτη ύλη για την βιομηχανία ξύλου

Q-2.1: καύσιμη ύλη (φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία)

Q-2.2: καύσιμη ύλη, χωρίς επιστρώσεις με PVC και χωρίς συντηρητικά

Q-2.3: καύσιμη ύλη, με επιστρώσεις PVC αλλά χωρίς συντηρητικά

Q-2.4: καύσιμη ύλη, περιέχουσα κάθε είδος συντηρητικού

Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα στον καταναλωτή να επιλέξει εκείνη την κατηγορία απορριπτόμενης ξυλείας η οποία είναι συμβατή με το υπάρχον σύστημα καύσης.

Τα βασικά στάδια λειτουργίας που περιλαμβάνει μία μονάδα επεξεργασίας απορριπτόμενης ξυλείας συνοψίζονται ως εξής:

1. Η απορριπτόμενη ξυλεία διαχωρίζεται κατά την παραλαβή της στις τρεις κατηγορίες (σωρούς) που έχουν προαναφερθεί (H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>).
2. Ακολουθεί η απομάκρυνση, με χειροδιαλογή, των επιπρόσθετων υλικών τα οποία αναγνωρίζονται οπτικώς.
3. Με την βοήθεια αρπάγης η απορριπτόμενη ξυλεία τροφοδοτείται στο πρώτο σύστημα θρυμματοποίησης, το οποίο τις περισσότερες φορές αποτελείται από έναν αργά κινούμενο κοχλιωτό θρυμματοποιητή.
4. Κατόπιν, το ήδη προθραυσμένο υλικό διέρχεται μέσω δονούμενου τροφοδότη σε μεταφορικό ιμάντα όπου με τη βοήθεια μαγνητών απομακρύνονται τα σιδερένια αντικείμενα.
5. Στη συνέχεια, το υλικό οδηγείται στον τελικό θρυμματοποιητή, που στις περισσότερες φορές πρόκειται για σφυρόμυλο, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί ένα δεύτερο στάδιο απομάκρυνσης μεταλλικών αντικειμένων με τη βοήθεια μαγνητών.
6. Ακολουθεί η διέλευση του υλικού μέσα από παλμικά κόσκινα όπου διαχωρίζονται τα βαριά σωματίδια ορικής προέλευσης.

7. Το προϊόν αποθηκεύεται υπαιθρίως, σε σιλό ή container και είναι έτοιμο προς πώληση.

Η προμήθεια των αναγκαίων ποσοτήτων απορριπτόμενης ξυλείας από τη βιομηχανία που την αξιοποιεί ενεργειακά, μπορεί να πραγματοποιείται μέσω εταιρείας διαχείρισης, η οποία θα παραδίδει στη βιομηχανία τις συμβολαιοποιημένες ποσότητες τηρώντας τις απαραίτητες προδιαγραφές (κατηγορία απορριπτόμενης ξυλείας, κοκκομετρία, θερμογόνος ικανότητα). Εναλλακτική λύση δίνει η δυνατότητα επεξεργασίας της απορριπτόμενης ξυλείας από την ίδια την βιομηχανία, με τη βοήθεια συστήματος θρυμματοποίησής της. Για τη δεύτερη λύση υπάρχει και η τεχνική δυνατότητα επεξεργασίας της απορριπτόμενης ξυλείας στο χώρο παραγωγής της με αυτοκινούμενο σύστημα θρυμματοποίησης, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το κόστος μεταφοράς.

Η αποτύπωση του υπάρχοντος δυναμικού απορριπτόμενης ξυλείας στην ευρύτερη περιοχή, η καταγραφή των ποσοτήτων και της ποιότητας, καθώς και ο χαρακτηρισμός της ξυλείας ως καύσιμη ύλη με τη βοήθεια αναλύσεων, αποτελούν απαραίτητα βήματα πριν την εισαγωγή της απορριπτόμενης ξυλείας στο ενεργειακό κύκλωμα της βιομηχανίας.

#### 4.4.3 ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Επειδή η βιομάζα είναι δύσκολο να συλλεχθεί, να αποθηκευτεί, να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί, έχουν καταβληθεί προσπάθειες να συμπιεστεί. Όταν γίνει αυτό ονομάζεται καύσιμο πυκνωμένης βιομάζας (densified biomass Fuel DBF).

Πριν μετατραπεί, η πρώτη ύλη βιομάζας υφίσταται μερικές μεταβολές. Πρώτα πρέπει να διαχωριστούν τα υλικά που δεν μπορούν να καούν. Κατόπιν τα απομένοντα καύσιμα υλικά τεμαχίζονται και ξηραίνονται.

Υπάρχουν σήμερα πέντε μέθοδοι πυκνώσεως της βιομάζας:

**Κυλινδροποίηση (πελετοποίηση).** Δίνεται στο υλικό μορφή μικρών κυλίνδρων με την βοήθεια καλουπιών από σκληρό ασάλι, γεμάτων με τρύπες διαμέτρου από 3mm έως 13mm. Το καλούπι περιστρέφεται γύρο από σύστημα τροχών, που σπρώχνουν την βιομάζα δια μέσου των οπών με μεγάλη πίεση περίπου 7 kg F (χιλιόγραμμα δύναμews) ανά mm<sup>2</sup>. Το εξερχόμενο από τις τρύπες του καλουπιού υλικό έχει τη μορφή μικρών κυλινδρικών κομματιών.

**Κυβοποίηση:** Αυτή είναι μια μέθοδος μορφοποίησης, κατά την οποία το καλούπι δημιουργεί μεγαλύτερα τεμάχια (πέλετ), ή κύβους πλευράς από 25 έως 50mm. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σήμερα για την μορφοποίηση του άχυρου και του χαρτιού. Όμως, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για μορφοποίηση πολλών άλλων υλικών.

**Πλινθοποίηση ή μπρικετοποίηση.** Η βιομάζα συμπιέζεται από κυλίνδρους, που έχουν στην επιφάνειά τους εσοχές, και παίρνει διάφορα σχήματα. Τα κομμάτια του βιομηχανοποιημένου κάρβουνου για ψήσιμο είναι ένα παράδειγμα πλινθοποίησης.

Η μπρικετοποίηση είναι η διαδικασία της αύξησης της πυκνότητας του υλικού σε μονάδες μπρικετοποίησης με έμβολο ή γρανάζι με ατέρμονα άξονα (μηχανική ή υδραυλική κίνηση), όπου το υλικό συμπιέζεται σε έναν κύλινδρο 20 έως 120 mm διάμετρο και 400 mm μήκος. Οι μπριγκέτες πρέπει να ανταποκρίνονται σε κάποια τεχνική προδιαγραφή από την άποψη ελάχιστης πυκνότητας, υγρασίας, θερμαντικής ικανότητας καθώς επίσης και τέφρας, θείου, αζώτου και χλωρίου.

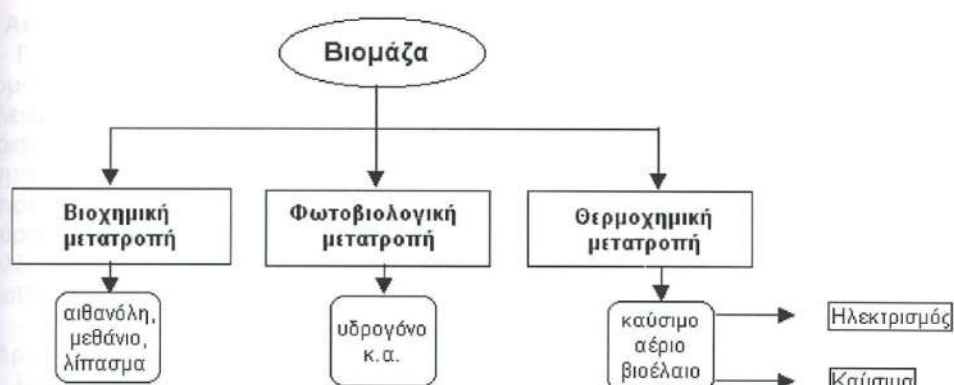
**Εξώθηση.** Αυτή η μέθοδος στηρίζεται σε έναν έλικα, όπως αυτός που χρησιμοποιείται στις μηχανές κοπής του κιμά. Ο έλικας σπρώχνει τη βιομάζα ώστε να περάσει μέσα από ένα μεγάλο καλούπι. Τα σωματίδια της βιομάζας έχουν διάμετρο από 25 έως 122 mm. Συχνά προστίθεται στο μίγμα πίσσα ή παραφίνη, για την συνοχή των σωματίων και την απόδοση περισσότερης θερμότητας. Τα υπερκαταστήματα τα πωλούν για τζάκια.

**Περιστροφή-συμπύεση.** Σύμφωνα με αυτή την διαδικασία, ινώδη υλικά όπως τα άχυρα, οδηγούνται συνεχώς σε τέσσερις τροχούς. Οι τροχοί (κύλινδροι) περιστρέφονται με τη βοήθεια κινητήρα και βρίσκονται υπό μεγάλη τάση ελατηρίων. Έτσι συμπιέζουν και τυλίγουν τη βιομάζα, δίνοντας της σχήμα πυκνών κυλίνδρων. Καθώς οι τροχοί περιστρέφονται και συμπιέζουν, το υλικό που υφίσταται την κατεργασία βγαίνει από τους τροχούς. Αυτή η λειτουργία παράγει ένα συνεχές κυλινδρικό συμπιεσμένο υλικό διαμέτρου από 13 έως 18 cm. Κόβεται σε κυλίνδρους μήκους 10 με 30,5 cm. Η πύκνωση στερεών απορριμμάτων είναι ελκυστική μέθοδος για τις υπηρεσίες συλλογής και διαθέσεως σκουπιδιών των πόλεων. Παράγει εύκολα αποθηκευμένη ενέργεια και λύνει προβλήματα διαθέσεως (απορρίψεως) των σκουπιδιών.

## 4.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ

### 4.5.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμα προϊόντα με μεγαλύτερη αξία (αναβάθμιση της βιομάζας) από το κέρδος που έχουμε με την καύση της. Η μετατροπή αυτή της βιομάζας γίνεται κυρίως με δυο γενικές κατηγορίες διεργασιών, (α) Τις **θερμοχημικές διεργασίες**, όπου θερμότητα ή/ και καταλύτες χρησιμοποιούνται για να αποσυντεθεί η βιομάζα σε ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα (διεργασίες αεριοποίησης, πυρόλυσης), (β) Τις **βιοχημικές διεργασίες**, όπου διάφοροι μικροοργανισμοί και ένζυμα χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τη βιομάζα σε χρήσιμα προϊόντα (ζύμωση και αναερόβια χώνευση). Μια τρίτη κατηγορία διεργασιών περιλαμβάνει τις **φωτοβιολογικές διεργασίες**, οι οποίες στοχεύουν στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε καύσιμα και χημικά με μεγαλύτερη απόδοση από ό,τι η διεργασία της φωτοσύνθεσης. Για παράδειγμα, οι φωτοσυνθετικές δραστηριότητες των βακτηρίων και των χλωροφυκών έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή υδρογόνου από το νερό και το φως. Οι διάφορες διεργασίες μετατροπής της βιομάζας παρουσιάζονται στο **Σχήμα 3.3**.



**Σχήμα 3.3.** Σχήματα μετατροπής- αναβάθμισης της βιομάζας

Η μετατροπή της βιομάζας, είναι ακόμη μη αποδοτική και δαπανηρή. Προς το παρόν η οικονομικότερη λύση είναι η "μικτή καύση" με άλλα καύσιμα (ακόμη και για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος). Παρακάτω δίνονται οι τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των θερμοχημικών διεργασιών.

#### 4.5.1.1 Θερμοχημικές διεργασίες

Ειδικότερα χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες:

##### A. Άμεση καύση

Στη διαδεδομένη αυτή τεχνολογία γίνεται άμεση καύση της βιομάζας με περίσσεια οξυγόνου. Χρησιμοποιείται από την ανακάλυψη της φωτιάς για θέρμανση χώρων και μαγείρεμα, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται και για παραγωγή ατμού για ηλεκτρισμό. Γενικά η καύση θεωρείται ως όχι τόσο αποδοτική τεχνολογία (στην πράξη η απόδοση μιας 'ανοικτής' φωτιά δεν υπερβαίνει το 2%) και για μεγάλες εγκαταστάσεις παρουσιάζει πρόβλημα στην τροφοδοσία (δαπανηρή η μεταφορά). Στην Ευρώπη χρησιμοποιείται για τηλεθέρμανση οικισμών σε αρκετές χώρες (Σουηδία, Δανία, Αυστρία).

Η **μικτή καύση** (co-firing) αναφέρεται στην πρακτική της εισαγωγής της βιομάζας (ξυλεία σε ποσοστό 5-15%) σε υψηλής απόδοσης λέβητες με άνθρακα ως συμπληρωματικού καυσίμου και αποτελεί ελπιδοφόρα τεχνική, η οποία είναι ανταγωνιστική των συμβατικών καυσίμων. Και η καύση των οικιακών απορριμμάτων αποτελεί μέθοδο παραγωγής ενέργειας, αν και τα απορρίμματα απέχουν πολύ από το να είναι ιδανικά καύσιμα. Η σύσταση τους ποικίλλει σε σχέση με το κλίμα, τις διατροφικές συνήθειες, την εποχή του έτους, το βιοτικό επίπεδο κτλ. Γενικά, και ειδικότερα στην Ελλάδα, η υγρασία των απορριμμάτων είναι υψηλή και η ενεργειακή τους πυκνότητα μικρή.

## **B. Αεριοποίηση**

Για παραγωγή ενέργειας ή καύση. Περιλαμβάνει τη θέρμανση της βιομάζας σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 750°C και σε περιβάλλον έλλειψης οξυγόνου για την παραγωγή ενός καύσιμου αερίου με μικρή ή ενδιάμεση θερμογόνο δύναμη, περίπου 4-10 MJ/IMm<sup>3</sup>. Το αέριο αυτό αποτελεί μίγμα από CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και άλλων συστατικών, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή σε λέβητες. Η αεριοποίηση δεν αποτελεί 'νέα' τεχνολογία και σε πολλές πόλεις στον κόσμο χρησιμοποιούνταν για δεκαετίες το 'φωταέριο', προϊόν αεριοποίησης του άνθρακα.

## **Γ. Αργή πυρόλυση:**

Η απλούστερη και παλαιότερη μέθοδος επεξεργασίας της βιομάζας για παραγωγή ξυλάνθρακα (στους ~500°C). Παραδοσιακή μέθοδος, όχι πολύ αποδοτική. Ο ξυλάνθρακας είναι βιοκαύσιμο με διπλάσια θερμογόνο αξία από ότι το ξύλο και καίγεται σε αρκετά υψηλότερη θερμοκρασία.

**Ταχεία πυρόλυση για παραγωγή υγρών καυσίμων.** Αναφέρεται στη διεργασία στην οποία η βιομάζα εκτίθεται ταχύτατα σε μεγάλες θερμοκρασίες (στους 800-900°C) απουσία αέρα με αποτέλεσμα τη διάσπαση της βιομάζας. Το τελικό προϊόν της πυρόλυσης είναι ένα μίγμα από στερεά (απανθράκωμα-char), υγρά (οξυγονωμένα έλαια) και κυρίως αέρια (μεθάνιο, CO<sub>2</sub>, CO). Τα παραγόμενα υγρά (έλαια) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρισμού ή για άλλες χρήσεις. Βέβαια το σημερινό κόστος παραγωγής των προϊόντων αυτών, δεν είναι ανταγωνίσιμο με το κόστος των συμβατικών καυσίμων. Κάτω από ορισμένες συνθήκες (παρουσία οξυγόνου και όχι αέρα) μπορεί να παραχθεί αέριο συνθέσεως (CO και H<sub>2</sub>) για παρασκευή μεθανίου και μεθανόλης.

**Καταλυτική πυρόλυση:** αναφέρεται στη χρήση ειδικών καταλυτών για αύξηση της απόδοσης σε ορισμένα προϊόντα.

## **Δ. Ρευστοποίηση:**

Η ρευστοποίηση λέγεται επίσης και υδρογόνωση. Είναι διαδικασία που εφαρμόζεται για την παραγωγή αερίου ή υγρού καυσίμου. Γενικά, η ρευστοποίηση γίνεται με αντίδραση με υδρογόνο (ή μίγμα υδρογόνου) και μονοξειδίου του άνθρακα. Βασικά η διαδικασία έχει χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή πετρελαίου ή αερίου από κάρβουνο. Επιπλέον, έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε πειράματα για την παραγωγή των ιδίων καυσίμων από οργανικά απορρίμματα. Τα οργανικά απορρίμματα τοποθετούνται σε δοχείο αντιδράσεων (αντιδραστήρα) και θερμαίνονται στους 380 βαθμούς Κελσίου με μίγμα διοξειδίου του άνθρακα και ατμού υπό πίεση. Μέσα σε 20 λεπτά σχεδόν όλη η ποσότητα των απορριμμάτων γίνεται καύσιμο.

Περίπου το 99% του άνθρακα που περιέχεται στα απορρίμματα μπορεί να μετατραπεί σε καύσιμο πετρέλαιο. Ένας τόνος ξηρών απορριμμάτων μπορεί να δώσει περίπου 1,25 βαρέλια πετρέλαιο. Η κοπριά έχει θερμοαντική ικανότητα 15.825 Mjoule ανά τόνο. Είναι δηλαδή λιγότερο από το μισό της θερμοαντικής ικανότητας των απορριμμάτων που μπορούν να καούν.

Το καύσιμο που εξάγεται με αυτήν τη διαδικασία περιέχει περισσότερο οξυγόνο από ότι το ακατέργαστο πετρέλαιο και απαιτεί εκτεταμένη επεξεργασία, εκτός αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μόνο για άμεση καύση.

#### 4.5.1.2 Βιοχημικές διεργασίες

Περιλαμβάνονται οι τεχνολογίες:

1. **Ζύμωση.** Η παραγωγή βιοκαυσίμων με ζύμωση, όπως είναι το οινόπνευμα (αιθανόλη) που παράγεται από διάφορα αγροτικά προϊόντα (ζαχαροκάλαμο, σταφύλια, κριθάρι, φρούτα) χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Το προϊόν της ζύμωσης περιέχει μόνο 10-15% αιθανόλη, η οποία θα πρέπει να ληφθεί με απόσταξη, κάτι που απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Μέρος της ενέργειας μπορεί να καλυφθεί από την καύση των φυτικών υπολειμμάτων. Αν και υψηλού κόστους, τα κύριο πλεονέκτημα της βιοαιθανόλης είναι η ευκολία χρήσης και μεταφοράς που έχουν τα υγρά καύσιμα. Δύο κύρια προβλήματα υπάρχουν αυτή τη στιγμή με την παραγωγή καυσίμων από βιομάζα. Το ένα είναι η ποιότητα των βιοκαυσίμων, που είναι χειρότερη από την ποιότητα των συμβατικών καυσίμων, και το άλλο είναι το υψηλότερο κόστος που έχουν σήμερα (λόγω του υψηλού κόστους της πρώτης ύλης). Βέβαια για μερικές χώρες με άφθονα αγροτικά προϊόντα και έλλειψη αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων, όπως είναι η Βραζιλία, η παραγωγή αιθανόλης μπορεί να υποκαταστήσει (και έχει υποκαταστήσει) σε κάποιο βαθμό τα συμβατικά καύσιμα.

2. **Αναερόβια ζύμωση:** Είναι η διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη αποσυντίθεται από βακτήρια απουσία οξυγόνου και παράγεται ένα μίγμα μεθανίου (50-60%) και άλλων αερίων όπως CO<sub>2</sub>. Αποτελεί φυσική διεργασία που επιτελείται στο βυθό λιμνών όπου επικρατούν αναερόβιες συνθήκες. Αναερόβια ζύμωση γίνεται και σε δύο περιπτώσεις που σχετίζονται με ανθρώπινες δραστηριότητες: στα λύματα ή την κοπριά των ζώων και κατά την ταφή των οικιακών απορριμμάτων στις χωματερές. Οι μονάδες αναερόβιας ζύμωσης με κοπριά κυμαίνονται από 1 m<sup>3</sup> (για ένα νοικοκυριό), μέχρι και 2000 m<sup>3</sup>, για μια εμπορική εγκατάσταση. Το βιοαέριο που παράγεται μπορεί να καεί επιτόπου για μαγείρεμα, θέρμανση ή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης για παραγωγή ηλεκτρισμού. Από την άλλη μεριά, το βιοαέριο από χωματερές χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Σήμερα στο χώρο υγειονομικής ταφής Ταγαράδων Θεσσαλονίκης και Ψυτάλλειας Αττικής υπάρχουν μικρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού με βιοαέριο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ

#### 5.1 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ

Την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογικές κατευθύνσεις στον τομέα της βιομάζας, έχουν επικεντρωθεί τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, στην ενεργειακή αξιοποίηση κυρίως των φυτικών υπολειμμάτων (π.χ. θρυμματισμένο ξύλο) με την ανάπτυξη νέων και βελτιωμένων τεχνολογιών ενεργειακής μετατροπής με υψηλούς βαθμούς απόδοσης. Παράλληλα, ερευνάται η δυνατότητα παραγωγής στο μέλλον νέων καλλιεργειών μη τροφικής χρήσης (ενεργειακές καλλιέργειες), που θα χρησιμεύσουν ως εναλλακτική πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας. Οι τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας που έχουν αναπτυχθεί, αφορούν σε τυποποιημένα στερεά, υγρά ή αέρια βιοκαύσιμα με σταθερές ιδιότητες και αυξημένη θερμογόνο δύναμη ανά μονάδα όγκου σε σχέση με το αρχικό υλικό, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη διευκόλυνση χειρισμών όπως η μεταφορά και η αποθήκευση.

Η επιλογή, ο σχεδιασμός και η απόδοση τεχνολογιών μετατροπής επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από την ποιότητα και τα χαρακτηριστικά του καυσίμου όπως επίσης και από τις απαιτήσεις για αποθήκευση, χειρισμό και διάθεση της στάχτης.

Η θερμογόνο δύναμη, η περιεχόμενη υγρασία, η κοκκομετρική σύσταση και το ποσοστό στάχτης του καυσίμου υλικού, είναι τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά, των οποίων οι προδιαγραφές πρέπει να καθοριστούν κατά το σχεδιασμό ενός ενεργειακού συστήματος.

Η θερμογόνο δύναμη ενός καυσίμου εκφράζει τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση δεδομένης ποσότητας του καυσίμου υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Η διαφοροποίηση της δε, μεταξύ διαφόρων ειδών βιομάζας, οφείλεται στη χημική σύσταση, το ποσοστό εκχυλισμάτων και το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας τους. Για συγκεκριμένο καύσιμο, η θερμογόνο δύναμη μπορεί να υποστεί αλλαγές εξαιτίας της κοκκομετρικής σύστασης, της περιεχόμενης υγρασίας, των απωλειών ξηράς ουσίας και της περιόδου αποθήκευσής του.

Τα ποσοστά της περιεχόμενης υγρασίας και στάχτης έχουν σχέση αντιστρόφως ανάλογη με το θερμικό περιεχόμενο του καυσίμου. Η περιεχόμενη υγρασία επηρεάζει σημαντικά τη θερμογόνο δύναμη, τα χαρακτηριστικά της έναρξης καύσης και την απόδοση αξιοποίησης της βιομάζας, αφού μειώνει την τελική ωφέλιμη ενέργεια, συμβάλλοντας παράλληλα στην αύξηση των καυσαερίων και του λειτουργικού κόστους της μονάδας. Υπάρχει ένα όριο **67% κ.β.** υγρασίας πέρα από το οποίο η βιομάζα δεν μπορεί να καεί και οποιαδήποτε θερμοχημική διεργασία είναι αδύνατη.

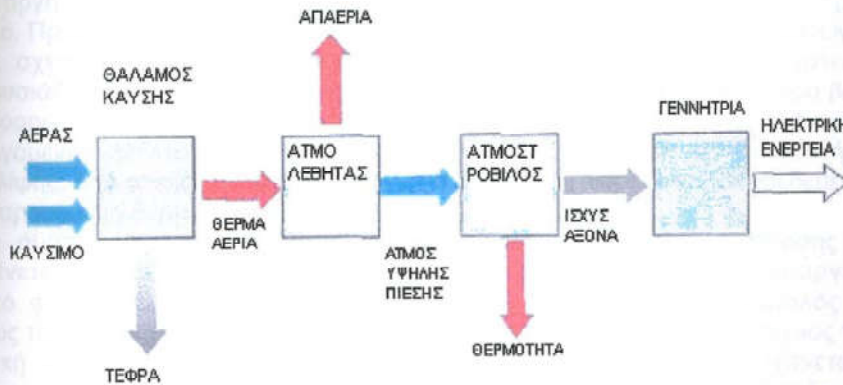
Όσο αφορά την κοκκομετρία της πρώτης ύλης, πρωταρχική επιδίωξη είναι η επίτευξη ομοιογένειας αφού σε αντίθετη περίπτωση παρατηρείται μειωμένη αποδοτικότητα στην καύση και αύξηση του κόστους λειτουργίας.



ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία για διαφορετικές συνθήκες οξειδωσης και είναι **η καύση, η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η υδρογονοδιάσπαση.**

## 5.1 ΑΠ' ΕΥΘΕΙΑΣ ΚΑΥΣΗ



**Σχήμα 5.1:** Διαδικασία καύσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, με απ' ευθείας καύση βιομάζας, όπως απεικονίζεται στο **σχήμα 5.1**, επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση συστήματος ατμοστρόβιλου. Συγκεκριμένα, σε ειδικό λέβητα καίγεται βιομάζα και παράγεται ατμός υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Ο ατμός οδηγείται μέσω δικτύου σε ατμοστρόβιλο, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη κατάλληλη ηλεκτρογεννήτρια, και εκεί εκτονώνεται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Ανάλογα με το είδος των θερμικών φορτίων, που καλύπτονται από τη συγκεκριμένη μονάδα συμπαράγωγής (τηλεθέρμανση, τηλεψύξη, θέρμανση θερμοκηπίων, ατμός για βιομηχανικές διεργασίες κλπ.) και τις αντίστοιχες απαιτήσεις σε "ποιότητα" θερμότητας (θερμό νερό, ατμός μέσης / χαμηλής πίεσης, κλπ.), χρησιμοποιείται ατμοστρόβιλος αντίθλιψης, ή ατμοστρόβιλος συμπύκνωσης με απομάστευση ατμού.

Στην πρώτη περίπτωση, ο ατμός εξέρχεται από τον ατμοστρόβιλο σε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας **κατάλληλες** για τις θερμικές διεργασίες που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

Στη δεύτερη περίπτωση, μέρος του ατμού απομαστεύεται από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του ατμοστρόβιλου στις επιθυμητές συνθήκες, ανάλογα με τις ανάγκες που απαιτείται να καλυφθούν. Ο υπόλοιπος ατμός θα εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή (0,05 -0,10 bar).

Τα κύρια συστήματα μιας μονάδας συμπαράγωγής από βιομάζα είναι τα εξής:

- ατμολέβητας βιομάζας
- κύκλωμα ατμού / νερού
- ατμοστρόβιλος
- ηλεκτρογεννήτρια
- εναλλάκτες θερμότητας
- σύστημα συμπύκνωσης
- σύστημα επεξεργασίας νερού
- συστήματα αέρα / καυσαερίων
- βοηθητικά συστήματα και εξοπλισμός

Τα συστήματα ατμοστροβίλου εμφανίζουν υψηλή αξιοπιστία, που φθάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα (περίπου 80 - 90%), μεγάλη διάρκεια ζωής (25 -35 έτη), αργή απόκριση στην αλλαγή φορτίου και κόστος εγκατάστασης σχετικά υψηλό. Πρόκειται για τα περισσότερα διαδεδομένα συστήματα συμπαραγωγής.

Σε σχέση με τα συστήματα αντίθλιψης, τα συστήματα απομάστευσης παρουσιάζουν υψηλότερο κόστος, πιο σύνθετη κατασκευή και μικρότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 80%), έχουν όμως τη δυνατότητα ρύθμισης της σχέσης παραγόμενης ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος, σε αντίθεση με τα συστήματα αντίθλιψης, στα οποία η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς είναι στενά συνδεδεμένη με την παραγόμενη θερμότητα.

Τα συστήματα ατμοστροβίλου παρουσιάζουν ολικό βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται από 60% έως 85% και δεν μειώνεται σημαντικά στη λειτουργία με μερικό φορτίο. Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι σχετικά χαμηλός (της τάξεως του 20%), με συνέπεια να εμφανίζουν μικρό λόγο ηλεκτρικής ισχύος προς θερμική ισχύ. Αύξηση του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης επιτυγχάνεται με αύξηση της πίεσης και θερμοκρασίας του ατμού στην είσοδο του ατμοστροβίλου.

Στα συστήματα με ατμοστροβίλο αντίθλιψης ο συνολικός βαθμός απόδοσης μπορεί να φθάσει το 85%, στην περίπτωση όπου το σύνολο της θερμότητας του ατμού χρησιμοποιείται ωφέλιμα.

Η τιμή του λόγου ισχύος προς θερμότητα παραμένει σχεδόν σταθερή κατά τη μεταβολή φορτίου.

Τα συστήματα με ατμοστροβίλο απομάστευσης εμφανίζουν μειωμένο ολικό βαθμό απόδοσης (φθάνει το 80%), λόγω της αποβολής θερμότητας στον συμπυκνωτή.

Οι πιο σημαντικές τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας με απ' ευθείας καύση, είναι αυτή τη στιγμή οι εξής:

- α) Καύση σε εσχάρα
- β) Καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη

Στα επόμενα εξετάζονται συνοπτικά οι παραπάνω τεχνολογίες και παρατίθενται τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

### 5.2.1 ΚΑΥΣΗ ΣΕ ΕΣΧΑΡΑ

Το κύριο μέρος της ενέργειας αξιοποιείται μόνο μετά τη μετατροπή του δεδομένου καυσίμου σε άμεσα εφαρμόσιμη μορφή ενέργειας, μέσω συστημάτων καύσης.

Η τεχνολογία καύσης και οι σχετικές τεχνολογίες είναι ως εκ τούτου "το κλειδί" στο ενεργειακό σύστημα.

Είναι ουσιαστικό, ότι μέσω της επιλεγμένης τεχνολογίας καύσης, το καύσιμο αξιοποιείται στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό και ότι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ελαχιστοποιούνται,

Στις τελευταίες δεκαετίες, έχει υπάρξει σημαντική αλλαγή κι εξέλιξη στην καύση καυσίμων, τόσο για βιομηχανίες και σταθμούς παραγωγής ενέργειας, όσο για οικιακή χρήση, με ιδιαίτερα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα βιοκαύσιμα.

Παράλληλα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει δημιουργηθεί, για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υποπροϊόντων της καύσης.

Αυτές οι γενικές κατευθύνσεις έχουν δώσει ιδιαίτερη ώθηση στην ανάπτυξη νέων και βελτιωμένων τεχνολογιών καύσης.

Το πεδίο μελέτης της καύσης εμφανίζεται ιδιαίτερα περιεκτικό, καθώς ένας αριθμός από διαφορετικές τεχνολογίες αναπτύχθηκαν και ήδη εφαρμόζονται.

Αναπτύχθηκαν τεχνολογίες για νέα είδη καυσίμων, όπως άχυρο, μπρικότες ξύλου, αστικά απορρίμματα ή για διάφορους συνδυασμούς βιοκαυσίμων.

Οι κύριοι λόγοι, που οδήγησαν στην συνολική ανάπτυξη νέων τεχνολογιών καύσης, είναι:

- Το αυξανόμενο ενδιαφέρον, για ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας
- Η αυξανόμενη ανησυχία, για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Η επιβεβλημένη ανάγκη, για την επίλυση του προβλήματος των αστικών απορριμμάτων
- Η μετατροπή σταθμών παραγωγής ενέργειας, από πετρέλαιο σε άνθρακα ή βιομάζα

Η τεχνολογία της απ' ευθείας καύσης της βιομάζας, βασίζεται στο λέβητα στερεών καυσίμων, με σταθερή ή μετακινούμενη εσχάρα.

Η τεχνολογία αυτή, της απ' ευθείας καύσης στερεών καυσίμων, είναι ήδη ανεπτυγμένη, εδώ και αρκετά χρόνια, και χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την καύση του άνθρακα.

Τις τελευταίες δεκαετίες, με το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που υπήρξε για τα βιοκαύσιμα, οι τεχνολογίες αυτές αναπτύχθηκαν και βελτιώθηκαν περαιτέρω, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των νέων αυτών βιοκαυσίμων.

Οι βασικές αρχές, για την επιλογή και το σχεδιασμό ενός σταθμού, που στηρίζεται στην απ' ευθείας καύση βιομάζας, συνοψίζονται στα εξής:

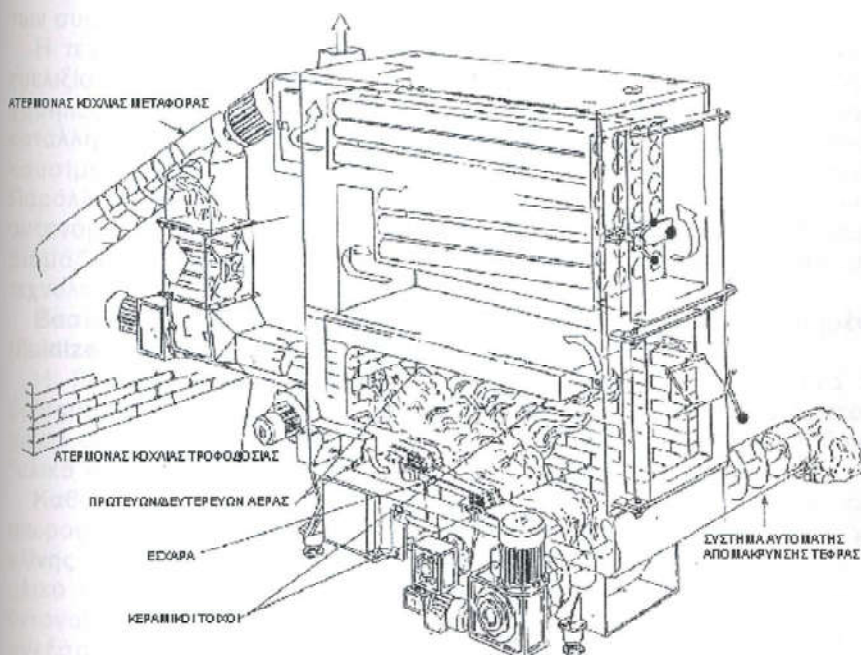
- Η καύση των βιοκαυσίμων, πρέπει να πραγματοποιείται έτσι ώστε, να επιτυγχάνεται η πλέον αποτελεσματική καύση των εκλυόμενων αερίων, των σωματιδίων με τη μικρότερη δυνατή παραγωγή τέφρας
- Η πορεία της καύσης πρέπει να ελέγχεται πλήρως (αυτόματα), να επιτυγχάνονται χαμηλές τιμές εκπομπών για CO και TOC, καθώς επίσης και χαμηλά επίπεδα σκόνης στα καυσαέρια
- Η ενέργεια των βιοκαυσίμων πρέπει να αξιοποιείται στο μέγιστο βαθμό και η παραγωγή ενέργειας να είναι σταθερή
- Ο σταθμός πρέπει να εξασφαλίζει μεγάλους χρόνους διαθεσιμότητας της παραγόμενης ενέργειας, να έχει εύκολη τη λειτουργία του και χαμηλό κόστος συντήρησης.

Οι σταθμοί ενεργειακής αξιοποίησης βιοκαυσίμων, με απ' ευθείας καύση, περιλαμβάνουν τα παρακάτω κύρια συστήματα :

- Σύστημα μεταφοράς και τροφοδοσίας βιοκαυσίμου,
- Σύστημα εστίας καύσης - λέβητα.
- Σύστημα καθαρισμού καυσαερίων- καμινάδα.
- Σύστημα απομάκρυνσης/ μεταφοράς τέφρας.

Ανάλογα με το είδος βιοκαυσίμου, υπάρχουν σημαντικές τεχνικές διαφορές, στα προαναφερθέντα συστήματα, στις οποίες θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

Ένας τύπος συστήματος καύσης απεικονίζεται στο **σχήμα 5.2**. Πρόκειται για ένα σύστημα καύσης θρυμματισμένου ξύλου με ενσωματωμένη την εστία καύσης στο λέβητα.



**Σχήμα 5.2:** Σύστημα καύσης θρυμματισμένου ξύλου με ενσωματωμένη την εστία καύσης στο λέβητα.

### 5.2.2 ΚΑΥΣΗ ΣΕ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΚΛΙΝΗ

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, η τεχνολογία της καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη έχει αναπτυχθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα αξιοποίησης πολλών ειδών βιομάζας, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης είναι γνωστή από το 1922, όταν ο Winkler τη χρησιμοποίησε για αεριοποίηση άνθρακα. Από τότε έχει χρησιμοποιηθεί, για διάφορες χημικές και μεταλλουργικές διεργασίες. Η τεχνολογία αναπτύχθηκε, για τη βιομάζα, κυρίως τη δεκαετία του 1970.

Σημαντική εμπειρία αποκτήθηκε από τις μονάδες με καύσιμο άνθρακα, που αναπτύχθηκαν αρχικά. Συνεχής έρευνα και βελτιώσεις στο σχεδιασμό, οδήγησαν σε σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης και της αξιοπιστίας των συστημάτων αυτών.

Η τεχνολογία της καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη εμφανίζει μεγάλη ευελιξία, όσον αφορά το καύσιμο, υψηλό βαθμό απόδοσης καύσης και χαμηλές εκπομπές ρύπων, με συνέπεια, να αποτελεί συχνά την καταλληλότερη και επικρατέστερη τεχνολογία, για την καύση "δύσκολων" καυσίμων (π.χ. βιομηχανικά υπολείμματα, αστικά λύματα κλπ.) Παράλληλα, η ανάγκη εκσυγχρονισμού παλαιών συστημάτων και η αυξανόμενη τάση ενεργειακής αξιοποίησης, όλο και περισσότερων ειδών βιομάζας και υπολειμμάτων, ωθούν σήμερα την ανάπτυξη της τεχνολογίας.

#### **Βασική περιγραφή της τεχνολογίας καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη (fluidized bed combustion, FBC)**

Η βασική αρχή της τεχνολογίας FBC είναι, ότι σ' ένα θάλαμο βρίσκονται σε κατάσταση αιώρησης, εξαιτίας ανοδικού ρεύματος αέρα, μικρά στερεά αδρανή σωματίδια, όπως άμμος, τα οποία ορίζονται σαν "υλικό κλίνης" (bed material), σε ανάμιξη με στερεά σωματίδια καυσίμου.

Καθώς η ταχύτητα του ανοδικού ρεύματος αυξάνεται, τα σωματίδια αιωρούνται και αναταράσσονται εντονότερα. Τα σωματίδια του υλικού κλίνης βρίσκονται σε πλήρη ανάμιξη με τα σωματίδια του καυσίμου. Το υλικό εμφανίζει πλέον μια μορφή, που μοιάζει με υγρό σε κατάσταση έντονου βρασμού και τα σωματίδια δεν διακρίνονται καθαρά, σαν ανεξάρτητα σώματα. Λόγω αυτής της εμφάνισης του υλικού και ορισμένων ιδιοτήτων του, ανάλογων με εκείνες ενός υγρού σε κατάσταση βρασμού, χρησιμοποιήθηκε ο όρος "ρευστοποιημένη κλίνη" (fluidized bed).

Ο αέρας προσέρχεται στο θάλαμο από κάτω και κατανέμεται ομοιόμορφα, με τη χρησιμοποίηση ειδικού δίσκου κατανομής αέρα με οπές, ή με σύστημα ακροφυσίων. Το ρεύμα του αέρα πρέπει να έχει μία ελάχιστη ταχύτητα, ώστε να επιτυγχάνεται η αιώρηση των σωματιδίων.

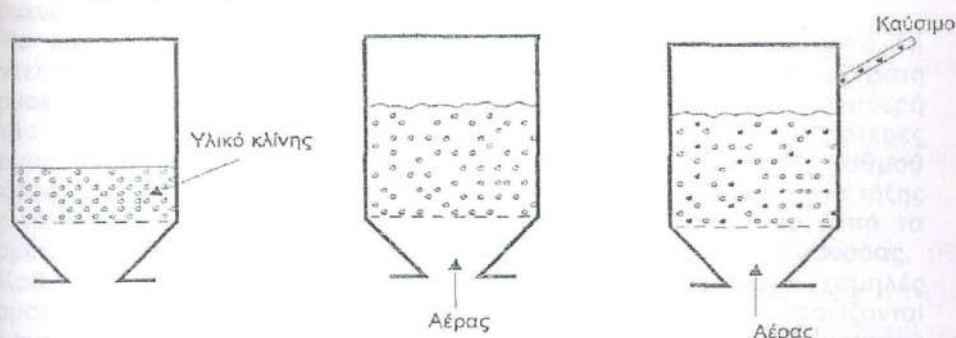
Για την εκκίνηση της καύσης, η θερμοκρασία της κλίνης αυξάνεται με τη χρησιμοποίηση καυσίμου εκκίνησης, όπως φυσικό αέριο ή πετρέλαιο, μέχρι μιας θερμοκρασίας, ικανής να προκαλέσει την καύση της βιομάζας.

Η ανάμιξη λόγω στροβιλισμού του αέρα με το καύσιμο, σε θερμοκρασίες πάνω από το σημείο ανάφλεξης του, προκαλεί την καύση.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, το καύσιμο τροφοδοτείται συνεχώς στο θάλαμο. Η κλίνη αποτελείται από αδρανές υλικό (συνήθως άμμο), καύσιμο και τέφρα του καυσίμου. Στις περιπτώσεις καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο, όπως συμβαίνει με το κάρβουνο, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, τροφοδοτείται συγχρόνως και υλικό κλίνης, το οποίο συνήθως είναι ασβεστόλιθος, δηλ. ανθρακικό ασβέστιο. Το ανθρακικό

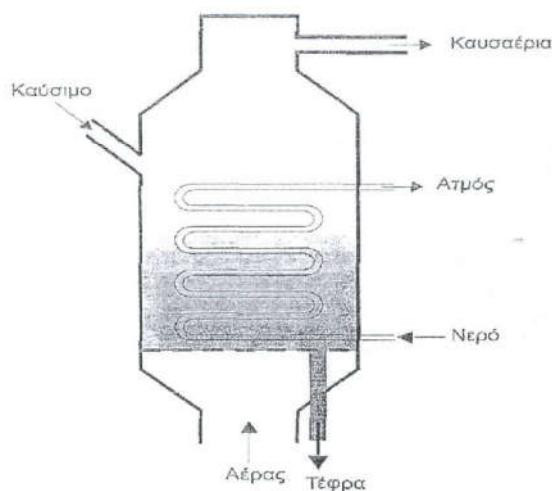
ασβέστιο αντιδρά με το διοξείδιο του θείου, που έχει σχηματισθεί κατά την καύση, παράγοντας γύψο και διοξείδιο του άνθρακα.

Στο **Σχήμα 5.3** φαίνεται η βασική αρχή της τεχνολογίας καύσης σε ρευστοποιημένη κλίνη.



**Σχήμα 5.3:** Σχηματικό διάγραμμα της βασικής αρχής της ρευστοποιημένης κλίνης.

Στο **Σχήμα 5.4** δίνεται τυπική μορφή του θαλάμου καύσης, σε ατμοσφαιρική ρευστοποιημένη κλίνη.



**Σχήμα 5.4:** Τυπική μορφή θαλάμου καύσης ατμοσφαιρικής ρευστοποιημένης κλίνης.

Από το υλικό της κλίνης, πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας στις επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας του αντιδραστήρα και στο νεοεισελθόν καύσιμο και αέρα.

Η θερμοκρασία καύσης στις μονάδες FBC κυμαίνεται γενικά από 800°C έως 950°C.

Η καύση πραγματοποιείται σε τέτοιες θερμοκρασίες, ώστε να μη σχηματίζονται θερμικά οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), να αποφεύγεται η τήξη του υλικού της κλίνης και της τέφρας, και στην περίπτωση καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο (όχι βιομάζα), να επιτυγχάνεται ικανοποιητική δέσμευση του.

Το εύρος της θερμοκρασίας λειτουργίας, καθορίζεται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τα χαρακτηριστικά του καυσίμου. Η ελάχιστη θερμοκρασία καθορίζεται από την ανάγκη να διατηρηθεί σε σταθερή κατάσταση η θερμική διεργασία, ενώ λειτουργία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από την επιτρεπόμενη, προκαλεί μείωση του βαθμού απόδοσης. Η μέγιστη θερμοκρασία καθορίζεται από τη θερμοκρασία τήξης της τέφρας του καυσίμου, του υλικού της κλίνης, καθώς και από τα θερμοκρασιακά όρια, που τίθενται από τα υλικά κατασκευής της μονάδας.

Καθώς η βιομάζα καίγεται ικανοποιητικά στις παραπάνω χαμηλές θερμοκρασίες, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) εμφανίζονται σημαντικά μειωμένες, λόγω του σημαντικού περιορισμού σχηματισμού θερμικού οξειδίου του αζώτου, που επιτυγχάνεται.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες επίσης απαιτούνται και για την καλύτερη δέσμευση του διοξειδίου του θείου, στις περιπτώσεις που αυτό παράγεται σε σημαντικές ποσότητες, με καύσιμο όχι τη βιομάζα.

Με τον έντονο στροβιλισμό, προκαλείται πολύ καλή ανάμιξη του καυσίμου, του αέρα και του υλικού κλίνης, καθώς και πολύ καλή μεταφορά θερμότητας, από το υλικό κλίνης στο καύσιμο (μεταξύ των στερεών διααγωγής), και καλή επαφή του καυσίμου με το απαραίτητο για την καύση οξυγόνο. Έτσι, σε συνδυασμό με τον υψηλό χρόνο παραμονής του καυσίμου στο θάλαμο καύσης και την ευκολία της βιομάζας να καίγεται, ο βαθμός απόδοσης καύσης (που εκφράζει σε τι βαθμό επιτεύχθηκε πλήρης καύση) πλησιάζει το 100%, ενώ ο βαθμός απόδοσης καύσης για το κάρβουνο είναι 98% - 99%.

Τυπικοί βαθμοί απόδοσης για λέβητες καύσης βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίνη, κυμαίνονται από 70% έως 80%, ανάλογα με το καύσιμο. Επειδή υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία απαιτεί σημαντικό ποσό ενέργειας, για ατμοποίηση, στις περιπτώσεις όπου η περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (5-10%), ο βαθμός απόδοσης του λέβητα κυμαίνεται από 85-90%.

Οι περισσότερες μονάδες FBC, μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά με φορτία από 25% έως 100%.

Υπάρχουν δύο κύριες τεχνολογίες FBC. Πρόκειται για την καύση σε "αναβράζουσα" ρευστοποιημένη κλίνη (bubbling fluidized bed combustion, BFBC) και την καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη με ανακυκλοφορία (circulating fluidized bed combustion, CFBC). Οι δύο τύποι είναι κατάλληλοι για λειτουργία σε ατμοσφαιρικές συνθήκες (atmospheric FBC) και σε συνθήκες πίεσης (pressurized FBC).

Η PFBC έχει το πλεονέκτημα ότι επιτυγχάνεται η ίδια δυναμικότητα σε μικρότερη μονάδα. Αυτό συμβαίνει λόγω της μείωσης του όγκου του αερίου, σαν αποτέλεσμα της αυξημένης πίεσης στο σύστημα.

Επίσης, οι μονάδες BFBC υπό συνθήκες πίεσης, έχουν κλίνες με μεγαλύτερο βάθος και χρησιμοποιούν χαμηλότερες ταχύτητες για τη ρευστοποίηση, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερους χρόνους παραμονής. Οι παραπάνω παράγοντες αυξάνουν το συνολικό βαθμό απόδοσης.



Τέλος, τα καυσαέρια, από μονάδες FBC υπό πίεση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αεριοστρόβιλο πριν το στάδιο παραγωγής ατμού, αυξάνοντας το συνολικό βαθμό απόδοσης του κύκλου.

Το κυριότερο μειονέκτημα της τεχνολογίας PFBC είναι ότι απαιτείται περισσότερο πολύπλοκος εξοπλισμός, με άμεση συνέπεια την αύξηση του κόστους κατασκευής.

Τα συστήματα "υπό πίεση" δεν έχουν φθάσει ακόμα σε εμπορική κλίμακα, αν και υπάρχει έντονη σχετική έρευνα και ανάπτυξη.

Η καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη, υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες, είναι συνηθισμένη και εμπορικά ανεπτυγμένη τεχνολογία.

Οι τεχνολογίες BFBC και CFBC εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες, αλλά και διαφορές τόσο στο σχεδιασμό, όσο και στα χαρακτηριστικά λειτουργίας. Παρακάτω δίδεται βασική τεχνική περιγραφή, για κάθε μία από αυτές.

## 4.2 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Οι τεχνολογίες της αεριοποίησης, αν και καλλιεργήθηκαν κατά την δεκαετία του 1970 και συγκεκριμένα στην διάρκεια της πετρελαϊκής κρίσης, έρχονται να ανθίσουν σε μια εποχή, όπου το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο είναι διαθέσιμα σε σχετικά χαμηλές τιμές. Μεταξύ των παραγόντων, που συντελούν στην προώθηση της διεργασίας, ειδικά από τις χημικές βιομηχανίες, (αλλά και από τις εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιωτικές και μη), μπορούν να αναφερθούν η ικανότητα ταυτόχρονου κέρδους από την καταστροφή, και αποφυγή δαπανηρού κόστους διάθεσης, των αποβλήτων (βαρεία κατάλοιπα πετρελαίων, τοξική λάσπη κλπ.), η δυνατότητα συμπαραγωγής υδρογόνου ή άλλων χημικών, καθώς και η δυνατότητα συμπαραγωγής και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, στην ήδη μη μονοπωλιακή αγορά.

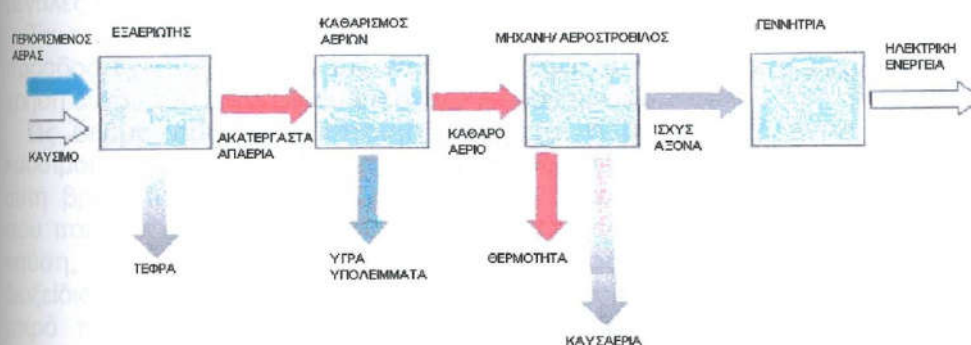
Η αεριοποίηση του κάρβουνου αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '30, από τη Lurgi AG και Koppers-Totzek. Η διεργασία, αν και παραμένει πολύ σπουδαία για την χρήση του κάρβουνου, ήδη έχει βρει πάρα πολλές εφαρμογές, για την εκμετάλλευση βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς και βιομάζας και αγροτικών υπολειμμάτων σαν πρώτης ύλης.

Στην Ευρώπη, η αύξηση της χρήσης φυσικού αερίου, για παραγωγή ενέργειας, έχει ήδη δώσει ένα νέο ενδιαφέρον στην αεριοποίηση, σαν εναλλακτική λύση για το φυσικό αέριο. Ειδικά στην περίπτωση της Αγγλίας, η οποία εξαρτάται κυρίως από το φυσικό αέριο (δεν υπολογίζεται η πυρηνική ενέργεια), η αεριοποίηση αποτελεί την καλύτερη λύση, για διεύρυνση της ενεργειακής βάσης.

Η αεριοποίηση είναι μία διεργασία μερικής οξειδωσης, κατά την οποία, όπως φαίνεται και στο **σχήμα 5.5**, μία στερεά, αέρια ή υγρή πρώτη ύλη αντιδρά με οξυγόνο ή και ατμό και μετατρέπεται σε αέριο σύνθεσης, το οποίο αποτελείται κυρίως από υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Επειδή τα αγροτικά υπολείμματα, η βιομάζα γενικώς, δεν περιέχει θείο, αλλά και στην περίπτωση των άλλων εναλλακτικών καυσίμων (άνθρακα, λιγνίτη, υπολείμματα και απόβλητα διυλιστηρίων, κ.λπ.), το θείο και τα μικροσωματίδια αφαιρούνται κατά τη διάρκεια της διεργασίας, η αεριοποίηση αποφεύγει τα προβλήματα αέριας ρύπανσης, που παρουσιάζει η διεργασία της καύσης.

Έτσι η αεριοποίηση όχι μόνο μετατρέπει τα άχρηστα απόβλητα και τα υπολείμματα σε χρήσιμα προϊόντα, αλλά και εξαφανίζει ή ελαττώνει σημαντικότερα την επεξεργασία και το κόστος απόθεσης τους.

Ο μεγαλύτερος όμως λόγος, για το ανανεωμένο ενδιαφέρον, για την διεργασία της αεριοποίησης, είναι η αξιοσημείωτη πρόοδος στην τεχνολογία της συμπαραγωγής, χρησιμοποιώντας καινούργιους και περισσότερο αποδοτικούς αεριοστροβίλους, για την καύση του παραγομένου αερίου σύνθεσης, για την παραγωγή περαιτέρω ηλεκτρικής ενέργειας. Η απορριπτόμενη θερμότητα από το στρόβιλο, παράγει ατμό, ο οποίος, σε συνδυασμό με ατμοστρόβιλο, παράγει περαιτέρω ηλεκτρική ενέργεια. Ο συνδυασμός αυτός της αεριοποίησης με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (αεριοστρόβιλος σε συνδυασμό με ατμοστρόβιλο), ονομάζεται ολοκληρωμένη αεριοποίηση με συνδυασμένο κύκλο (IGCC). Το αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμού είναι αποδόσεις μετατροπής πολύ πάνω από 40%, συγκρινόμενες με αυτές του 33%, σταθμού παραγωγής ενέργειας από καύση άνθρακα και χρήση ατμοστρόβιλου (Ritchard Lynch, DOE).



Σχήμα 5.5: Η διαδικασία της αεριοποίησης για ηλεκτροπαραγωγή

#### 4.3.1 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η αεριοποίηση της βιομάζας, όπως και η αεριοποίηση των στερεών πρώτων υλών, των υπολειμμάτων των διυλιστηρίων, αλλά και γενικά των χημικών βιομηχανιών, επιλύει ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα διάθεσης τους και τα μετατρέπει σε πολύτιμα προϊόντα. Αυτή τη στιγμή υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός επιδεικτικών έργων, που εστιάζουν στα φυτά μικρού περιήροπου χρόνου, ως πρώτη ύλη για αεριοποίηση.

Τα βασικά οικονομικά δίνουν προβάδισμα στην αεριοποίηση βιομάζας, ως προς την καύση της, για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας. Ο βαθμός απόδοσης, σε συμβατικές μονάδες, είναι περίπου 32%, συγκρινόμενος με 15-20% της διεργασίας καύσης, αλλά με την ολοκληρωμένη αεριοποίηση, με συνδυασμένο κύκλο (IGCC), η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τουλάχιστον τρεις φορές μεγαλύτερη, για την ίδια ποσότητα παραγομένου ατμού, (Richard Bain, NREL).

Για να μπορέσουν τα βιοκαύσιμα και σε ευρύτερη έννοια, ειδικότερα, η ενέργεια που προκύπτει από βιομάζα, να συναγωνισθούν τα συμβατικά καύσιμα, πρέπει να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις, για την κατάλληλη μορφή αποδιδόμενης ενέργειας, σε ανταγωνιστικές τιμές. Δύο πολύ βασικά κριτήρια, για την εκπλήρωση των παραπάνω προϋποθέσεων, είναι η δυνατότητα διαθεσιμότητας και η δυνατότητα σχετικά της εύκολης μεταφοράς.

Τα κυρίως χρησιμοποιημένα καύσιμα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο, μονοπωλούν την κατάσταση επειδή ακριβώς η ενέργεια τους μπορεί να αποθηκευθεί με μικρές απώλειες και να είναι διαθέσιμη όταν χρειαστεί. Επίσης τα καύσιμα αυτά, μαζί με την ηλεκτρική ενέργεια, προσφέρουν το επιπλέον πλεονέκτημα της εύκολης μεταφοράς από μέρος σε μέρος.

Η βιομάζα διατίθεται σε μια πληθώρα μορφών, όπως ξύλα, πριονίδια, άχυρα οικιακά απορρίμματα, λάσπες κ.λπ.. Σχεδόν όλες οι μορφές ακατέργαστης βιομάζας αποσυντίθενται αρκετά γρήγορα, έτσι μόνο ορισμένοι τύποι βιομάζας έχουν πολύ καλές προϋποθέσεις για ενεργειακή αποθήκευση. Επίσης, εξαιτίας της σχετικά χαμηλής ενεργειακής πυκνότητας τείνουν να έχουν αρκετό κόστος μεταφοράς, για σχετικά μεγάλες αποστάσεις.

Τα τελευταία χρόνια, αξιοσημείωτη προσπάθεια καθώς επίσης και πρόοδος έχει σημειωθεί, ως προς την έρευνα, για την καλύτερη δυνατή χρήση αυτού του διαθέσιμου ενεργειακού δυναμικού.

Ως θερμοχημική αεριοποίηση ορίζεται η μετατροπή ενός στερεού καυσίμου σε αέριο φορέα ενέργειας (αέριο καύσιμο). Τεχνικά, η διεργασία αυτή βρίσκεται ανάμεσα στην πυρόλυση (θέρμανση απουσία οξυγόνου), που παράγει αέριο, ανθρακούχο υπόλειμμα (char) και πίσσα (tar), και την καύση, που καταλήγει με ολοκληρωτική οξειδωση του καυσίμου σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Στην αεριοποίηση, προστίθεται μόνο ένα μικρό ποσό αέρα ή οξυγόνου (περίπου 30-50%) του στοιχειομετρικά απαιτούμενου αέρα/ οξυγόνου για την πλήρη καύση. Η μικρή ποσότητα οξυγόνου, αντιδρά με τον άνθρακα και το υδρογόνο, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας, η οποία ανυψώνει τη θερμοκρασία στην περιοχή των 700-1000°C.

Τα όρια μεταξύ των τριών παραπάνω διεργασιών είναι δυσδιάκριτα, ιδιαίτερος μεταξύ της αεριοποίησης και της σταδιακής καύσης (staged combustion), κατά την οποία η βιομάζα πρώτα εξαερώνεται, τα δε παραγόμενα αέρια καίγονται αμέσως με τη βοήθεια του δευτερεύοντος αέρα. Συνήθως η αεριοποίηση συνδέεται με τις περιπτώσεις, όπου το αέριο καίγεται σε χωριστό και διαφορετικό αντιδραστήρα, ενώ η σταδιακή καύση, αναφέρεται στην αποτέφρωση της βιομάζας και την ταυτόχρονη καύση των αερίων.

Ανάλογα με το είδος του αεριοποιητή και των συνθηκών αντίδρασης, είναι δυνατόν να παραχθούν αέρια καύσιμα χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμογόνου δύναμης. Αν η χρήση του παραγόμενου αερίου καυσίμου είναι άμεση και επιτόπια, τότε η παραγωγή αερίου χαμηλής θερμογόνου δύναμης (4-7 MJ/Nm<sup>3</sup>) είναι η πιο ενδιαφέρουσα λύση, λόγω της σχετικής απλότητας της διεργασίας.

Αν το παραγόμενο αέριο πρόκειται να μεταφερθεί σε μεγάλη απόσταση ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη, για την σύνθεση χημικών (αμμωνία, μεθανόλη κλπ.), τότε απαιτείται αέριο με μέση θερμογόνο δύναμη ( $15-25 \text{ MJ/Nm}^3$ ).

Τέλος είναι δυνατόν να παραχθεί αέριο υψηλής θερμογόνου δύναμης ( $30-40 \text{ MJ/Nm}^3$ ), για αντικατάσταση του φυσικού αερίου. Η τεχνολογία, για παραγωγή αερίου υψηλής θερμογόνου δύναμης, έχει αναπτυχθεί πολύ πρόσφατα, έτσι η διεργασία αυτή είναι οικονομικά αποδεκτή, μόνο σε περιοχές, όπου η χρήση του φυσικού αερίου είναι επιθυμητή, αλλά σπανίζει, ενώ η διανομή του είναι δύσκολη και πολύ δαπανηρή.

Ένα σύστημα αεριοποίησης βιομάζας, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, περιλαμβάνει τρία κύρια μέρη:

- τμήμα προεπεξεργασίας καυσίμου
- τμήμα αεριοποίησης και καθαρισμού του αερίου
- τμήμα στροβίλου και μηχανής για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

### 5.3.2 ΑΡΧΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η αεριοποίηση επιτελείται μέσω των ακόλουθων σταδίων

- *Ξήρανση*, για την εξάτμιση της υγρασίας.
- *Πυρόλυση*, για την παραγωγή αερίου, ατμών πισσωδών ή ελαιωδών ουσιών και στερεού ανθρακούχου υπολειμματος.
- *Μερική οξείδωση*, των στερεών ανθρακούχων υπολειμμάτων, πυρολυτικών πισσών και αερίων.

Όταν ένα στερεό καύσιμο θερμαίνεται στους  $300^\circ - 500^\circ\text{C}$ , απουσία ενός οξειδωτικού μέσου, πυρολύεται προς ανθρακούχο στερεό υπόλειμμα, υδρογονάνθρακες ή πίσσες προς συμπύκνωση, και αέρια. Η σχετική παραγωγή αερίων, υγρών και ανθρακούχων στερεών, εξαρτάται κυρίως από το ρυθμό θέρμανσης και την τελική θερμοκρασία. Γενικά το στάδιο της πυρόλυσης, είναι ταχύτερο από αυτό της αεριοποίησης (μερικής οξείδωσης), έτσι το τελευταίο στάδιο είναι αυτό, που ελέγχει την αντίδραση.

Τα αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα του σταδίου της πυρόλυσης αντιδρούν στη συνέχεια με το οξειδωτικό μέσο, (συνήθως αέρας) και παράγουν μόνιμα αέρια ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ) και μικρές ποσότητες αερίων υδρογονανθράκων. Η μερική οξείδωση των στερεών ανθρακούχων υπολειμμάτων, προέρχεται από την αλληλεπίδραση του συνδυασμού πολλών, αερίου-στερεού και αερίου-αερίου, αντιδράσεων, κατά τις οποίες η στερεά ανθρακούχα ένωση, οξειδώνεται προς  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , ενώ  $\text{H}_2$  παράγεται μέσω της "water-gas shift" αντίδρασης. Οι αντιδράσεις αερίου-στερεού, κατά τη διάρκεια της οξείδωσης των στερεών ανθρακούχων υπολειμμάτων, είναι οι πιο αργές και αυτές ελέγχουν την ολική αντίδραση της μερικής οξείδωσης (αεριοποίησης).

Πολλές από τις αντιδράσεις καταλύονται από τα αλκάλια, τα οποία περιέχονται στην τέφρα της βιομάζας, αλλά δεν προλαβαίνουν να φθάσουν στην ισορροπία. Η σύσταση του παραγομένου αερίου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως σύσταση τροφοδοτούμενης βιομάζας, ποσοστό υγρασίας, θερμοκρασία αντίδρασης, έκταση της φάσης της οξειδωσης, πάνω στα προϊόντα της πυρόλυσης.

Πρέπει να τονισθεί ότι τα υγρά, που παράγονται κατά το στάδιο της πυρόλυσης, δεν μετατρέπονται τελείως σε απλούστερους υδρογονάνθρακες, κυρίως λόγω των φυσικών ή γεωμετρικών περιορισμών του αντιδραστήρα, καθώς επίσης και των χημικών περιορισμών των αντιδράσεων, που λαμβάνουν χώρα. Για αυτό το λόγο η διάσπαση των πηκτωδών ουσιών και ο καθαρισμός τους αποτελούν ένα πολύ σημαντικό τεχνολογικό θέμα.

### 5.3.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

#### 5.3.3.1 Τεχνολογία χρησιμοποιούμενων αντιδραστήρων

Οι δύο πιο συνήθεις τύποι αντιδραστήρων, που χρησιμοποιούνται για αεριοποίηση της βιομάζας, σε συνδυασμό με αεριοστροβίλους, μηχανές εσωτερικής καύσεως ή συνδυασμένου κύκλου είναι:

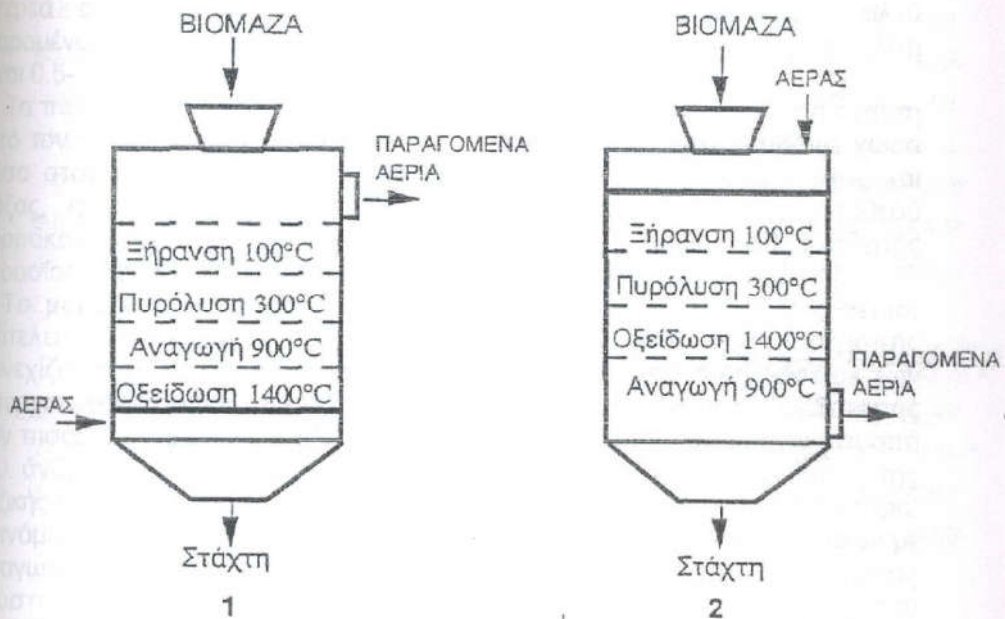
- Αντιδραστήρες πυκνής μορφής (Dense-phase) ή αντιδραστήρες σταθερής κλίνης.
- Αντιδραστήρες αραιής μορφής (Lean-phase).

Το χρησιμοποιούμενο οξειδωτικό μέσο, μπορεί να είναι αέρας ή οξυγόνο. Οι αεριοποιητές, που χρησιμοποιούν οξυγόνο παράγουν αέριο υψηλής θερμογόνου δύναμης, αλλά έχουν το μεγάλο μειονέκτημα του επιπρόσθετου κόστους της μονάδας παραγωγής οξυγόνου. Έτσι η πιο συμφέρουσα λύση είναι αυτή της χρήσης αέρα, σαν οξειδωτικού μέσου. Το παραγόμενο αέριο είναι χαμηλής θερμογόνου δύναμης, λόγω της αραιώσης του από το περιεχόμενο άζωτο.

#### Α. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΥΚΝΗΣ ΜΟΡΦΗΣ

Οι αντιδραστήρες πυκνής μορφής (σχήμα 5.6), έχουν σαν πιο αντιπροσωπευτικό είδος, τον αντιδραστήρα σταθερής κλίνης. Αποτελούν τους πρώτους εμπορικά διαθέσιμους αεριοποιητές και χαρακτηρίζονται από την απλότητα τους, στο σχεδιασμό και στη λειτουργία. Το κύριο χαρακτηριστικό των αεριοποιητών πυκνής μορφής αποτελεί το γεγονός, ότι η βιομάζα καλύπτει σχεδόν όλο το χώρο του αεριοποιητή, σε αντίθεση με τους αντιδραστήρες αραιάς μορφής, όπου μικρή ποσότητα βιομάζας καταλαμβάνει ένα μικρό μέρος του χώρου του αντιδραστήρα. Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι αεριοποιητών πυκνής μορφής είναι:

- αεριοποιητής ανερχόμενης ροής ή με ροή προς τα άνω (ΑΡΠΑ)-(updraft)
- αεριοποιητής κατερχόμενης ροής με ροή προς τα κάτω (ΑΡΠΚ)-(downdraft).



Σχήμα 5.6: Αντιδραστήρες πυκνής μορφής

#### Β. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ (ΑΑΡΚ)

Η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης, χρησιμοποιείται ήδη από το 1922 όταν ο Winkler τη χρησιμοποίησε για αεριοποίηση κάρβουνου. Από τότε έχει χρησιμοποιηθεί και για χημικές και μεταλλουργικές διεργασίες.

Αν και μόλις τα τελευταία χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί οι αντιδραστήρες ατμοσφαιρικής ρευστοποιημένης κλίνης (ΑΑΡΚ) για βιομάζα, υπάρχει αρκετή εμπειρία (πάνω από 50 χρόνια), λόγω της χρήσης τους με τύρφη.

Οι ΑΑΡΚ είναι οι μοναδικοί αντιδραστήρες με ισόθερμη λειτουργία κλίνης. Η τυπική θερμοκρασία λειτουργίας της κλίνης, κατά την αεριοποίηση της βιομάζας είναι 800-850°C. Εντός του ΑΑΡΚ υπάρχει ένα αδρανές υλικό (συνήθως άμμος, αλούμινα, καθώς επίσης και άλλα πυρίμαχα υλικά για να αποφευχθεί το φαινόμενο της σύντηξης της κλίνης ή και καταλύτες, για την διάσπαση των πισσών), που χρησιμεύει σαν το μέσο μεταφοράς και διανομής της θερμότητας.

Στο αδρανές αυτό υλικό η θερμότητα διοχετεύεται μέσω ενός οξειδωτικού μέσου (αέρας ή αέρας/ οξυγόνο ή οξυγόνο), σε συνδυασμό με ή χωρίς ατμό. Το οξειδωτικό αυτό μέσο, προθερμαίνεται σε κατάλληλη θερμοκρασία, την οποία αποδίδει στο αδρανές υλικό, κατά τη διέλευση του οξειδωτικού μέσου δια μέσου της μάζας του αδρανούς υλικού, το οποίο και ρευστοποιείται ταυτόχρονα. Η ταχύτητα του αέρα, πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, έτσι ώστε να υπερνικήσει τη βαρύτητα που ασκείται από τα σωματίδια και να τα διατηρήσει αιωρούμενα. Σε ένα σύστημα ΑΑΡΚ, η ταχύτητα του αέρα είναι σχετικά χαμηλή ( 1.0-3.5 m/sec) και τα

στερεά συμπεριφέρονται σαν υγρό σε κατάσταση βρασμού, αλλά παραμένουν πάνω στην κλίνη. Το μέγεθος των σωματιδίων στην κλίνη είναι 0.5-3mm, **Σχήμα 5.7**.

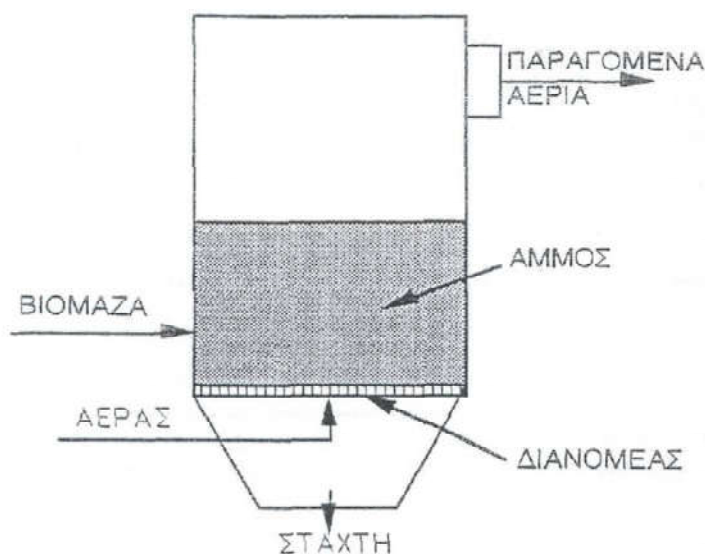
Τα παραγόμενα θερμά αέρια εξέρχονται από την κορυφή, ενώ η στάχτη από τον πυθμένα του αντιδραστήρα. Η άριστη μίξη, που λαμβάνει χώρα μέσα στον αντιδραστήρα, προσφέρει άριστη μεταφορά θερμότητας και μάζας, η οποία επιφέρει πολύ υψηλό βαθμό μετατροπής, σταθερό θερμοκρασιακό προφίλ, δυνατότητα χρήσης καυσίμου μη σταθερής υγρασίας (μέχρι και 50%) και γρηγορότερες αντιδράσεις.

Το μεγαλύτερο τμήμα της μετατροπής του καυσίμου προς αέριο, επιτελείται εντός της κλίνης, αν και ένα μικρό ποσό της μετατροπής συνεχίζει στον υπερκείμενο χώρο της κλίνης, εξαιτίας αντιδράσεων των εισερχομένων μικροσωματιδίων και ειδικότερα της θερμικής διάσπασης των πισσωδών ουσιών. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η μετατροπή του άνθρακα αγγίζει το 100%, εκτός και αν συμβεί το φαινόμενο της μαζικής μεταφοράς των πολύ λεπτών σωματιδίων έξω από τον αντιδραστήρα, φαινόμενο το οποίο μπορεί να συμβεί σε διαμορφώσεις αντιδραστήρων με εισαγωγή της τροφοδοσίας στο ψηλότερο σημείο τους. Αυτός ο τύπος ρευστοποιημένης κλίνης παράγει αέριο με ποσοστό πισσών, που βρίσκεται μεταξύ του αερίου που παράγεται από ΑΡΠΑ και ΑΡΠΚ αντιδραστήρες. Μερικά προϊόντα πυρόλυσης, μπορεί να εκτιναχθούν έξω από το υπερκείμενο της κλίνης στρώμα, από τα προϊόντα της αεριοποίησης, αλλά μετατρέπονται περαιτέρω με θερμική διάσπαση, σε αυτήν την περιοχή.

Υπάρχει περίπτωση να χαθεί η δυνατότητα ρευστοποίησης, λόγω σύντηξης της κλίνης (υαλοποίηση), και αποτελεί ένα αρκετά σύνηθες φαινόμενο, το οποίο εξαρτάται από τα θερμικά χαρακτηριστικά της παραγόμενης στάχτης. Οι ενώσεις των αλκαλιμετάλλων, που προέρχονται από την στάχτη της βιομάζας (συνήθως καλίου και νατρίου), σχηματίζουν χαμηλού σημείου τήξης ευτηκτικά με το πυρίτιο, που περιέχεται στην άμμο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα δημιουργία μεγάλων συσσωματωμάτων, τα οποία συντελούν στο χάσιμο της δυνατότητας ρευστοποίησης. Το φαινόμενο αυτό αποφεύγεται πολύ εύκολα, με μικρή μείωση της θερμοκρασίας λειτουργίας της κλίνης.

Το πρόβλημα είναι λίγο δυσκολότερο όταν, στερεά αστικά απορρίμματα, χρησιμοποιηθούν σαν βιομάζα, χωρίς να έχει γίνει διαλογή γυαλιών προηγουμένως. Τότε όπως και στην περίπτωση βιομάζας, που παράγει στάχτη με αρκετή ποσότητα αλκάλι μετάλλων, να χρησιμοποιηθεί σαν αδρανές πληρωτικό υλικό, αλούμινα ή ακόμα καλύτερα άμμο χρωμίτη.

Στους ΑΑΡΚ μεγάλης χωρητικότητας (δεκάδες MW), μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα η τροφοδοσία, αλλά αυτό επιλύεται μέσω τροφοδοσίας πολλαπλών σημείων.



**Σχήμα 5.7:** Αντιδραστήρας αραιής μορφής

Οι ΑΑΡΚ διαχωρίζονται στους:

1. Αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης με επανακυκλοφορία (ΑΡΚΕ)
2. Αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης με επανακυκλοφορία υπό πίεση (ΑΡΚΕΠ)
3. Δίδυμοι αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης

### 5.3.3.2 Σύγκριση αντιδραστήρων

#### Α. Σύγκριση των συστημάτων ρευστοποιημένης κλίνης

Τα σχετικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα, ως προς το κόστος και την λειτουργία των συστημάτων, δεν έχουν πλήρως ξεκαθαρισθεί.

Οι αντιδραστήρες που λειτουργούν υπό πίεση παρουσιάζουν τα ακόλουθα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά:

- η τροφοδοσία του καυσίμου στον αντιδραστήρα είναι περίπλοκη, έχει πολύ μεγάλο κοστολόγιο και χρειάζεται επιπλέον η παροχή αδρανούς αερίου κατά την τροφοδοσία
- τη κεφαλαιουχικό κόστος, για τους πιεστικούς αντιδραστήρες, είναι πολύ μεγάλο, συγκρινόμενο με το αντίστοιχο, για τους ατμοσφαιρικούς, αν και οι διαστάσεις τους με τα παρεμφερή συστήματα είναι αρκετά μικρότερες από αυτές των ατμοσφαιρικών. Συγκριτικά αναφέρεται ότι συστήματα αεριοποίησης που λειτουργούν υπό πίεση, μπορεί να κοστίσουν μέχρι και τέσσερις φορές περισσότερο απ' ό,τι τα αντίστοιχα ατμοσφαιρικά, για παραγωγή ενέργειας μέχρι και  $20\text{MW}_e$ . Αυτό το μειονέκτημα υπερκαλύπτεται από το γεγονός ότι, για την ίδια ποσότητα παραγωγής ενέργειας, οι αντιδραστήρες υπό πίεση έχουν μεγαλύτερο ποσοστό απόδοσης. Πρέπει να τονισθεί ότι αν και τα



συστήματα που λειτουργούν υπό πίεση έχουν μικρότερο όγκο, συγκρινόμενα με τα ατμοσφαιρικής λειτουργίας, υπάρχει μικρό κέρδος από την επίδραση της πίεσης πάνω στην κινητική της αντίδρασης ή ελάχιστο θερμοδυναμικό πλεονέκτημα, επειδή η βιομάζα είναι αρκετές δεκάδες φορές πιο ενεργή σε σύγκριση με τον άνθρακα, όπου τα συστήματα που λειτουργούν υπό πίεση προσφέρουν αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα λειτουργίας.

- η παροχή του παραγομένου αερίου, προς το θάλαμο καύσης του αεριοστρόβιλου, βρίσκεται ήδη υπό πίεση, αποφεύγοντας έτσι την ανάγκη συμπίεσης του αερίου πριν τον θάλαμο και επιτρέποντας κάποια υψηλότερα όρια στην φόρτιση πίεσας, που θα δεχθεί ο αεριοστρόβιλος, απ' ότι με τους ατμοσφαιρικούς αντιδραστήρες, συνδεδεμένους με αεριοστρόβιλους.
- τα φίλτραρίσματα του αερίου εν θερμώ, με τους αντιδραστήρες που λειτουργούν υπό πίεση, μειώνει τις απώλειες θερμότητας και πίεσης (απώλειες ενέργειας) και γίνεται ευκολότερα και απλούστερα συγκρινόμενο με εκείνο στους ατμοσφαιρικούς. Η χρήση φίλτραρίσματος εν θερμώ, με τους αντιδραστήρες που λειτουργούν υπό πίεση, αποδεικνύεται φθηνότερη από τη χρήση πλυντηρίδας με τους ατμοσφαιρικούς, για τον καθαρισμό του αερίου.
- ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος, χάρις στην κατακράτηση της λανθάνουσας θερμότητας και της χημικής ενέργειας των πισσωδών ουσιών, που περιέχονται στο παραγόμενο καύσιμο αέριο και στην αποφυγή συμπίεσης του αερίου, πριν από τον αεριοστρόβιλο. Οι μόνες αξιοσημείωτες απώλειες ενέργειας είναι αυτές προς το περιβάλλον και της τροφοδοσίας αδρανούς αερίου, κατά την τροφοδοσία της βιομάζας, της τάξεως 5-8%, εξασφαλίζοντας έτσι ένα συντελεστή απόδοσης, για τον αντιδραστήρα, της τάξης του 92-95%. Ένας ατμοσφαιρικός αντιδραστήρας, χρησιμοποιώντας πλυντηρίδα με νερό και συμπίεση του παραγομένου και καθαρισμένου αερίου, για να τροφοδοτήσει το θάλαμο καύσης ενός αεριοστρόβιλου, δίνει ένα ανάλογο συντελεστή απόδοσης της τάξης του 32-85%, εξαρτώμενο από το μέγεθος της μονάδας και το σχεδιασμό.

Οι αντιδραστήρες ατμοσφαιρικής λειτουργίας, παρουσιάζουν τα ακόλουθα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά;

- το παραγόμενο αέριο, για χρήση του σαν καύσιμο αεριοστρόβιλου, πρέπει να πληρεί ορισμένες προϋποθέσεις, οι οποίες είναι αρκετά "σκληρές". Για εφαρμογές του αερίου σε ΜΕΚ, οι όροι είναι ηπιότεροι και δεν απαιτείται πίεση.
- το κεφαλαιουχικό κόστος είναι αξιοσημείωτα χαμηλότερο για μεγέθη μέχρι και 30 MW<sub>e</sub>.
- Και για τους δύο τύπους αντιδραστήρων, η σύσταση καθώς επίσης και η θερμογόνος δύναμη του παραγομένου αερίου δεν διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους.

**Β. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΡΑΙΗΣ ΚΑΙ ΠΥΚΝΗΣ ΜΟΡΦΗΣ**

Ο παρακάτω πίνακας 5.1 συνοψίζει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συνηθέστερα χρησιμοποιούμενων αντιδραστήρων.

**Πίνακας 5.1: Σύγκριση συστημάτων αραιής και πυκνής μορφής.**

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΥΚΝΗΣ ΜΟΡΦΗΣ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΡΑΙΗΣ ΜΟΡΦΗΣ
Υψηλή μετατροπή άνθρακα	Πολύ καλή ανάμιξη στερεών-αερίων καθώς επίσης πολύ καλή επαφή
Χαμηλή μεταφορά τέφρας προς τα άνω	Υψηλούς βαθμούς μεταφοράς
Μεγάλος χρόνος παραμονής στερεών	Υψηλή ειδική χωρητικότητα
Σχετικά απλή κατασκευή	
ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΥΚΝΗΣ ΜΟΡΦΗΣ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΡΑΙΗΣ ΜΟΡΦΗΣ
Χαμηλή θερμοκρασία εξόδου του αερίου (για ΑΡΠΑ)	Πολύ καλός έλεγχος της θερμοκρασίας
Υψηλός βαθμός απόδοσης θερμότητας (για ΑΡΠΑ)	Χαμηλή με μεσαία παραγωγή πίσσας
Παραγόμενο αέριο κατάλληλο για απ' ευθείας καύση (για ΑΡΠΑ)	Καλή αντοχή στις διακυμάνσεις της ποιότητας του καυσίμου
Χαμηλή ποσότητα παραγόμενης πίσσας (για ΑΡΠΚ)	Λειτουργία με μέρος μόνο της ονομαστικής τροφοδοσίας
	Εύκολα μπαίνει σε λειτουργία και σταματά
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΥΚΝΗΣ ΜΟΡΦΗΣ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΡΑΙΗΣ ΜΟΡΦΗΣ
Χαμηλή ειδική χωρητικότητα	Απαιτεί πολύ καλό καθαρισμό αερίου από τα μικροσωματίδια
Πτωχές δυνατότητες λειτουργίας με χαμηλότερη τροφοδοσία από την ονομαστική	
Απαιτεί σταθερού μεγέθους και υγρασίας καύσιμο	
Εύκολα επιτελείται σύντηξη της τέφρας	
ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΥΚΝΗΣ ΜΟΡΦΗΣ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΡΑΙΗΣ ΜΟΡΦΗΣ
Παράγει μεγάλες ποσότητες πίσσας (για ΑΡΠΑ)	Ένα μικρό ποσοστό άνθρακα χάνεται με την τέφρα
Δεν είναι κατάλληλος για καύσιμα υψηλής υγρασίας (για ΑΡΠΚ)	Χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας

#### 5.4 ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Ως πυρόλυση αναφέρεται η θερμική αποικοδόμηση των ανθρακούχων ενώσεων σε θερμοκρασίες μεταξύ 400-800°C, είτε με πλήρη απουσία οξυγόνου, είτε με μερική παρουσία του, τόση ώστε η αεριοποίηση να μην είναι σημαντική. Η θερμότητα, που απαιτείται για την πυρόλυση, μπορεί να προμηθευθεί με άμεσο (μέσω θερμών στερεών ή αερίων) ή έμμεσο (με εξωτερική καύση του παραγόμενου πυρολυτικού αερίου και θέρμανση μέσω επιφανειών) τρόπο. Τα προϊόντα της πυρόλυσης μπορεί να είναι αέρια (πυρολυτικά αέρια), υγρά (πυρολυτικά υγρά) ή στερεά (ξυλάνθρακας), οι δε σχετικές αναλογίες κάθε προϊόντος εξαρτώνται από τη μέθοδο της πυρόλυσης και τις παραμέτρους αντίδρασης (θερμοκρασία, χρόνο παραμονής αερίων και ταχύτητα ψύξης τους).

- Η βραδεία πυρόλυση (*slow pyrolysis*) ή ανθρακοποίηση (*carbonisation*) απαιτεί μικρές ταχύτητες αντίδρασης σε χαμηλές θερμοκρασίες και αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση των στερεών προϊόντων (ξυλάνθρακα). Τα υγρά και αέρια προϊόντα θεωρούνται υποπροϊόντα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορείς θερμότητας κατά τη διεργασία, για παραγωγή χημικών ή να θεωρηθούν ως απόβλητα, καταστρεφόμενα με θερμική αποτέφρωση (*incineration*).
- Η συμβατική πυρόλυση (*conventional pyrolysis*) δίδει περίπου ίση ποσότητα στερεών, υγρών και αερίων προϊόντων. Είναι μια λιγότερο δημοφιλής τεχνολογία, λόγω της δυσκολίας χειρισμού και της ανάγκης εισαγωγής στην αγορά τριών προϊόντων, της χαμηλής απόδοσης σε αέρια και των προβλημάτων, που σχετίζονται με τη μεταφορά θερμότητας στον αντιδραστήρα. Τα προβλήματα αυτά έχουν μερικώς αντιμετωπισθεί σε συστήματα διπλών αντιδραστήρων, που περιλαμβάνουν ένα θάλαμο καύσης του παραγόμενου ξυλάνθρακα. Τα συστήματα αυτά προσδίδουν θερμότητα, για την πυρόλυση ή την αεριοποίηση, με ατμό μέσω ανακυκλοφορίας θερμών αδρανών στερεών, π.χ. άμμος, μεταξύ των δύο αντιδραστήρων.

Πολύ υψηλές ταχύτητες μεταφοράς θερμότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες και ταχεία, άμεση ψύξη (*quenching*) προϊόντων, επιτρέπουν τη συμπύκνωση των ενδιάμεσων προϊόντων της πυρόλυσης, πριν τη διάσπαση τους σε χαμηλού μοριακού βάρους, μη συμπυκνούμενα αέρια. Η διεργασία αυτή, γνωστή και ως ακαριαία πυρόλυση (*flash or fast pyrolysis*) ελαχιστοποιεί την παραγωγή ξυλάνθρακα. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, τα κύρια προϊόντα είναι αέρια. Κατά την ακαριαία πυρόλυση, οι αποδόσεις σε υγρά (βιοέλαιο) μπορεί να φτάσουν το 75-80 % κ.β. της αρχικής βιομάζας. Τα πυρολυτικά υγρά αποτελούν, όπως θα αναφερθεί πιο κάτω, ένα ενδιαφέρον προϊόν που ήδη χρησιμοποιείται σε αρκετές εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης του.

Οι διάφορες παραλλαγές της πυρόλυσης συνοψίζονται στον **Πίνακα 5.1**.

Παραλλαγή 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	10 δευτ.- 10 λεπτ.	Μικρή-μεσαία	Πρωτοταγή και δευτεροταγή προϊόντα	1	<600	Στερεά, υγρά και αέρια
Αστραπιαία (υγρά)	<1 δευτ.	Υψηλή	Πρωτοταγή προϊόντα	1	<600	Υγρά
Αστραπιαία (αέρια)	<1 δευτ.	Υψηλή	Πρωτοταγή προϊόντα	1	>700	Αέρια
Υδροπυρόλυση	<10 δευτ.	Υψηλή	H <sub>2</sub> και πρωτοταγή προϊόντα	20	<500	Υγρά
Μεθανοπυρόλυση	0,5-1,5 δευτ.	Υψηλή	CH <sub>4</sub> και δευτεροταγή προϊόντα	3	1050	Βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο και ολεφίνες

**Πίνακας 5.1:** Τυπικά χαρακτηριστικά των διαφόρων παραλλαγών πυρόλυσης βιομάζας.

Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι η πυρόλυση βιομάζας και ειδικότερα η ακαριαία πυρόλυση, στην οποία θα επικεντρωθεί η αναφορά αυτή, είναι η περισσότερο υποσχόμενη, λόγω υψηλών αποδόσεων ενός προϊόντος υψηλής αξίας, αλλά και η λιγότερο μελετημένη θερμοχημική διεργασία, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα σε βιομηχανική κλίμακα. Τα προβλήματα, που σχετίζονται με την ανάπτυξη της διεργασίας αυτής, περιλαμβάνουν:

1. μεταφορά θερμότητας στην πρώτη ύλη
2. έλεγχο διεργασίας για τη μεγιστοποίηση του υγρού κλάσματος
3. διαχωρισμό των προϊόντων, ειδικά της συμπύκνωσης και συλλογής του υγρού κλάσματος, το οποίο παράγεται σε μια λεπτότατα διαμοιρασμένη ομίχλη.

#### 5.4.1 ΥΓΡΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΑΡΙΑΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Το υγρό προϊόν από την ακαριαία πυρόλυση βιομάζας είναι ένα μίγμα οξυγονωμένων οργανικών ενώσεων υψηλού ποσοστού υγρασίας, που προκύπτει είτε ως φυσική υγρασία περιεχόμενη στην αρχική βιομάζα, είτε ως προϊόν της πυρόλυσης. Αν και οι ιδιότητες αυτές προσδίδουν στα πυρολυτικά υγρά ορισμένες ανεπιθύμητες ιδιότητες, όπως φυσική και χημική αστάθεια, που δημιουργεί προβλήματα αποθήκευσης, διακίνησης και περαιτέρω εκμετάλλευσης σε διάφορες χρήσεις, επιτυχείς εφαρμογές των υγρών έχουν επιδειχθεί και σημαντική πρόοδος έχει επιτευχθεί στην κατανόηση και τον έλεγχο των λιγότερο επιθυμητών τους ιδιοτήτων τα τελευταία χρόνια.

Το ποσοστό οξυγόνου, στα πυρολυτικά υγρά, είναι πολύ υψηλό, 40-50 % κ.β. σε υγρή βάση, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμογόνος δύναμη των υγρών να κυμαίνεται μεταξύ 15 και 20 MJ/kg σε υγρή βάση.

Το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας επιδρά σημαντικά στην ποιότητα των πυρολυτικών υγρών μιας και ειδικότερα:

- μειώνει τη θερμογόνο δύναμη
- επιδρά στην οξύτητα των υγρών
- επηρεάζει τη φυσική και χημική τους σταθερότητα
- επηρεάζει ενδεχόμενες διεργασίες αναβάθμισης των υγρών

Η υγρασία απομακρύνεται δύσκολα, μιας και εξάτμιση ή απόσταξη σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 100°C, μπορούν να επιφέρουν ανεπιθύμητες μεταβολές στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των υγρών. Σαν αποτέλεσμα, οι περισσότερες εφαρμογές προσανατολίζονται σήμερα στην ενεργειακή αξιοποίηση των πυρολυτικών υγρών σε "υγρή" βάση.

Τα πυρολυτικά υγρά περιέχουν σωματίδια, που προέρχονται από συμπαρασυρμό ξυλάνθρακα και στάχτης, η οποία μπορεί να έχει υψηλό ποσοστό αλκαλίων (Na, K) και αλκαλικών γαιών (Ca, Mg), γεγονός που δημιουργεί ένα σημαντικό πρόβλημα στη μετέπειτα χρησιμοποίηση των πυρολυτικών υγρών, σε εφαρμογές αεριοστροβίλων. Ο διαχωρισμός των στερεών, μπορεί να γίνει είτε προ της συμπύκνωσης των πυρολυτικών ατμών (με θερμή διήθηση), είτε από τα υγρά με συνεχή διήθηση. Τα θέματα αυτά είναι υπό εξέταση στο σχεδιασμό και λειτουργία πιλοτικών και επιδεικτικών εφαρμογών, καθώς λαμβάνονται περισσότερες πληροφορίες από τις λειτουργούσες εφαρμογές της ακαριαίας πυρόλυσης (κυρίως στις ΗΠΑ και Καναδά).

Το χαμηλό pH, και επομένως και η διαβρωσιμότητα, των πυρολυτικών υγρών οφείλεται στο υψηλό ποσοστό οργανικών οξέων (κυρίως μυρμηκικού και οξικού). Οι διάφορες εφαρμογές απαιτούν τη χρήση πλαστικών αγωγών (π.χ. πολυπροπυλένιο), ενώ η χρήση μαλακού χάλυβα αντενδείκνυται.

Τα πυρολυτικά υγρά υπόκεινται σε πολυμερισμό, αν θερμανθούν πάνω από τους 100°C. Κυρίως επηρεάζονται οι φυσικές ιδιότητες, όπως το ιξώδες, και παρουσιάζεται διαχωρισμός φάσεων και καθίζηση βαρέων πηκτωδών (*bitumen-like*) συστατικών. Η θέρμανση των πυρολυτικών υγρών, για μείωση του ιξώδους προς άντληση και εκνέφωση, πρέπει επομένως να εξασκούνται με προσοχή. Η έκθεση των υγρών στον αέρα προκαλεί επίσης πολυμερισμό, αλλά σε μικρότερο βαθμό απ' ό,τι η αύξηση της θερμοκρασίας. Μέτρα, όπως η μη-έκθεση στον αέρα και ο προσεκτικός έλεγχος της θερμοκρασίας, έχουν επιτρέψει τη διατήρηση δειγμάτων πυρολυτικών υγρών χωρίς προβλήματα.

Κίνδυνοι για την υγεία προερχόμενοι από τα πυρολυτικά υγρά δεν φαίνεται να υπάρχουν και αυτά δεν είναι περισσότερο επικίνδυνα από τα υπόλοιπα υγρά συμβατικά καύσιμα.

Τα πυρολυτικά υγρά είναι υδρόφιλα και μη-συμβατά με τα συμβατικά υγρά καύσιμα. Επομένως, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευθέως στην υπάρχουσα υποδομή των συμβατικών υγρών καυσίμων, χωρίς προηγούμενη αναβάθμιση τους, που θα βελτιώσει τη συμβατότητα τους με τα καύσιμα αυτά. Εναλλακτικά, τα πυρολυτικά υγρά μπορούν να βρουν εξειδικευμένες εφαρμογές ή να δημιουργηθεί μια διακριτή υποδομή αποθήκευσης, διανομής και αξιοποίησης τους, όπου θα λαμβάνονται υπόψη οι χαρακτηριστικές τους ιδιότητες. Οι οργανωτικές και λειτουργικές δυσκολίες που θα παρουσιασθούν σ' ένα παρόμοιο διακριτό σύστημα αποποίησης των προϊόντων αυτών δεν αναμένεται πάντως να είναι σημαντικές.

#### 5.4.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΚΑΡΙΑΙΑΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η επίτευξη υψηλών ταχυτήτων μεταφοράς θερμότητας, η οποία είναι αναγκαία για την ακαριαία πυρόλυση της βιομάζας, θεωρείται εξαιρετικά δύσκολη για κάθε αντιδραστήρα, μιας και οι περιορισμοί που τίθενται από

- τη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα της βιομάζας, και
- τους απαιτούμενους βραχείς χρόνους παραμονής αερίων στον αντιδραστήρα πρέπει να αντιμετωπισθούν επιτυχώς κατά το σχεδιασμό των συστημάτων ακαριαίας πυρόλυσης.

Κάθε τρόπος μεταφοράς θερμότητας, θέτει ορισμένους περιορισμούς στη λειτουργία του υιοθετούμενου κατά περίπτωση συστήματος πυρόλυσης, με αποτέλεσμα πολλές φορές την κατασκευή πολύπλοκων αντιδραστήρων. Οι κυριότεροι μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας είναι με αγωγή, με επαφή και με ακτινοβολία (ο οποίος όμως έχει μικρή συμμετοχή λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών).

Επιπλέον, σ' ένα εμπορικό σύστημα απαιτείται η θερμική αξιοποίηση των υποπροϊόντων της πυρόλυσης, δηλ. του ξυλάνθρακα και του πυρολυτικού αερίου.

Οι διάφοροι τύποι αντιδραστήρων πυρόλυσης και οι διάφοροι μέθοδοι θέρμανσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3. Οι διάφοροι τύποι αντιδραστήρων είναι παρόμοιοι μ' εκείνους της αεριοποίησης, αν και ένα ευρύτερο φάσμα ασυνήθιστων συνδυασμών έχουν κατά καιρούς επινοηθεί.

Παραλλαγή πυρόλυσης	Χρόνος παραμονής αερίων	Ταχύτητα μεταφοράς θερμότητας	Περιβάλλον αντίδρασης	Πίεση (bar)	Θερμοκρασία (oC)	Κύριο προϊόν
Ανθρακοποίηση	ώρες- μέρες	πολύ μικρή	προϊόντα καύσης	1	400	στερεά
Συμβατική	10s- 10min	μικρή- μεσαία	πρωτοταγή & δευτερογενή προϊόντα	1	< 600	στερεά, υγρά και αέρια
Ακαριαία (υγρά)	< 1s	υψηλή	πρωτοταγή προϊόντα	1	< 600	υγρά
Ακαριαία (αέρια)	< 1s	υψηλή	πρωτοταγή προϊόντα	1	>700	αέρια
Υδροπυρόλυση	< 10s	υψηλή	H <sub>2</sub> & πρωτοταγή προϊόντα	20	< 500	υγρά
Μεθανοπυρόλυση	0,5-1,5s	υψηλή	CH <sub>4</sub> & δευτεροταγή προϊόντα	3	1050	3ΤΞ και λεφίνες

BTΞ=Βενζόλιο, Τολουόλιο, Ξυλόλιο

**Πίνακας 5.3:** Αντιδραστήρες πυρόλυσης, μέθοδοι θέρμανσης, μεταφορά θερμότητας και ταχύτητα μεταφοράς θερμότητας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### **ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή.

Με το συμβατικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων (συμπυκνωτές ατμού, πύργοι ψύξης κλπ.), είτε μέσω των καυσαερίων (αεριοστρόβιλοι κλπ.). Με τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται ωφέλιμα. Έτσι, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια.

Οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-30%, ενώ ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων συμπαραγωγής φθάνει μέχρι 80-85%.

Η συμπαραγωγή πρωτοεμφανίστηκε στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α., γύρω στα 1890. Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, οι περισσότερες βιομηχανίες είχαν δικές τους μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ατμολέβητα-στρόβιλο, που λειτουργούσαν με άνθρακα. Πολλές από τις μονάδες αυτές ήταν συμπαραγωγικές. Περίπου το 60% της ηλεκτρικής ενέργειας, που παραγόταν σε βιομηχανίες των Η.Π.Α. στις αρχές του αιώνα, προερχόταν από μονάδες συμπαραγωγής.

Κατόπιν ακολούθησε κάμψη διεθνώς, αφενός γιατί αναπτύχθηκαν τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού, που προσέφεραν φθηνή ηλεκτρική ενέργεια με αξιόπιστο τρόπο, και αφετέρου γιατί υπήρχε μεγάλη διαθεσιμότητα υγρών καυσίμων και φυσικού αερίου σε χαμηλές τιμές.

Μετά την ενεργειακή κρίση του 1973 και την απότομη αύξηση των τιμών των συμβατικών καυσίμων, η πορεία αυτή αντιστράφηκε όχι μόνον στις Η.Π.Α., αλλά και στις ευρωπαϊκές χώρες, στην Ιαπωνία κ.α.

Η συμπαραγωγή μπορεί να εφαρμοσθεί στο εθνικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε αστικό - περιφερειακό επίπεδο, σε βιομηχανίες, καθώς και σε διάφορα μεγάλα κτίρια. Όσον αφορά το εθνικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχοντες σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να μετατραπούν σε σταθμούς συμπαραγωγής, παράγοντας συγχρόνως και θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τηλεθέρμανση (περίπτωση Κοζάνης, Πτολεμαΐδας, Μεγαλόπολης), θέρμανση θερμοκηπίων, βιομηχανικές διεργασίες, ψύξη κλπ. Σημαντική παράμετρο, για τη δημιουργία τέτοιων συστημάτων, αποτελεί η απόσταση των καταναλωτών θερμότητας από το σταθμό συμπαραγωγής.

Στο βιομηχανικό τομέα, η συμπαραγωγή μπορεί να εφαρμοσθεί σε διυλιστήρια, τσιμεντοβιομηχανίες, μεταλλουργικές βιομηχανίες, βιομηχανίες χάρτου και ξύλου, χημικές βιομηχανίες, υαλουργίες, κλπ.



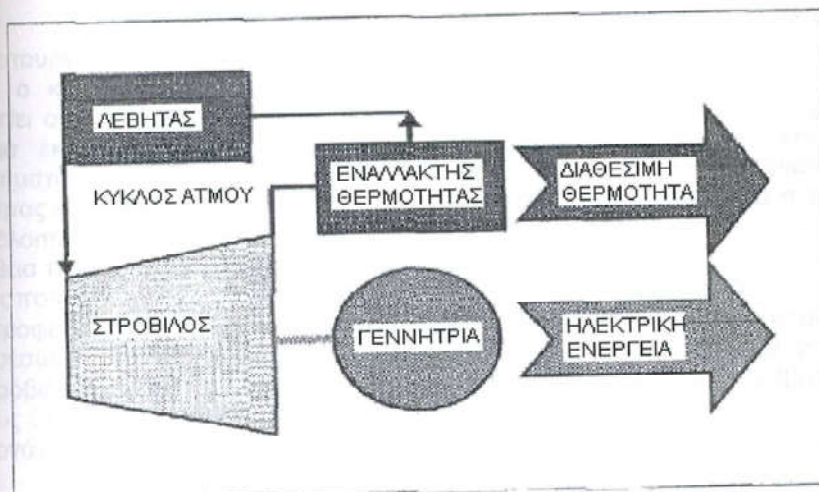
Στον τομέα των κτιρίων, οι ανάγκες σε θερμότητα, ψύξη και ηλεκτρική ενέργεια νοσοκομείων, ξενοδοχείων, εμπορικών κέντρων, κλπ. μπορούν να καλυφθούν με εφαρμογή της συμπαραγωγής.

Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα, παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό - περιφερειακό επίπεδο, όπου πρέπει να εξετασθεί με στα πλαίσια της δημιουργίας πολλών, μικρών, αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται σε κατάλληλες περιοχές της χώρας, με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, και συγχρόνως όχι ιδιαίτερα μακριά από καταναλωτές θερμότητας και ψύξης, καθώς η μεταφορά θερμότητας παρουσιάζει υψηλό κόστος.

## 6.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

### 6.1.1 ΣΗΘ ΜΕ ΚΥΚΛΟ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

Η βασική αρχή αυτού του κύκλου (σχήμα 6.1) εστιάζεται στη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας (στρόβιλος) σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια μιας γεννήτριας και τη χρησιμοποίηση της θερμότητας του ατμού που προκύπτει από το στρόβιλο για να παραχθεί τη θερμότητα.



Σχήμα 6.1: Αρχή της ΣΗΘ με κύκλο ατμοστροβίλου

Η βάση για αυτόν τον τύπο ΣΗΘ είναι ο κύκλος ατμοστροβίλου που εξηγείται λεπτομερέστερα παρακάτω.

Τα κύρια στοιχεία ενός κύκλου ατμοστροβίλου είναι: ο λέβητας με υπερθερμαντήρα, ο στρόβιλος, ο συμπυκνωτής και η αντλία τροφοδοσίας νερού. Το νερό ατμοποιείται στο λέβητα και παρουσιάζεται αργότερα στην επιθυμητή θερμοκρασία στον υπερθερμαντήρα. Αυτός ο ατμός, έπειτα, διατρέχει τον στρόβιλο που καθοδηγεί τη γεννήτρια για να παράγει ενέργεια. Στο συμπυκνωτή ο ατμός που προκύπτει από το στρόβιλο συμπυκνώνεται και φέρεται στην πίεση επεξεργασίας με τη βοήθεια της υδραντλίας. Κατόπιν ο ατμός τροφοδοτείται στον λέβητα με τον οποίο κλείνει ο κύκλος.

Σαν ψυκτικό μέσο στον συμπυκνωτή χρησιμοποιείται συνήθως νερό των ποταμών ή ο αέρας του περιβάλλοντος, και η απελευθερωμένη θερμότητα συμπύκνωσης παραμένει αχρησιμοποίητη.

Για να χρησιμοποιηθεί αυτή η θερμότητα υπάρχει μια σειρά διαφορετικών διαμορφώσεων που επιτρέπουν τη χρήση οποιασδήποτε τυχασίας θερμότητας. Είναι σημαντικό ωστόσο ότι για να χρησιμοποιηθεί η απόβλητη θερμότητα απαιτείται ένα υψηλότερο επίπεδο πίεσης και θερμοκρασίας.

Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει ένα τμήμα μέσω ενός ατμοστροβίλου υψηλής παραγωγής που αποτελείται από ένα τμήμα υψηλής πίεσης, ένα μέσης πίεσης- και ένα χαμηλής πίεσης. Σε αυτό το είδος μηχανών το 70% του ατμού από τα τμήματα χαμηλής πίεσης μεταφέρεται προς το συμπυκνωτή, το υπόλοιπο 30% χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας και κατόπιν τροφοδοτείται στον κύκλο ατμού. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι εγκαταστάσεων ΣΗΘ που βασίζονται στον κύκλο ατμού:

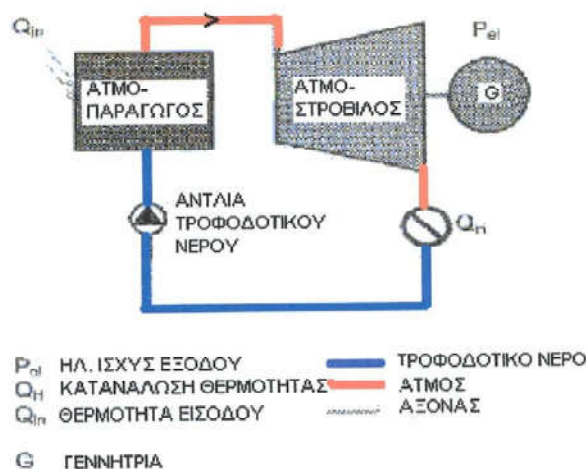
- Κύκλος ατμού με έναν στρόβιλο αντίθλιψης
- Κύκλος ατμού με έναν στρόβιλο απομάστευσης

Για χαμηλότερη παραγωγή θερμότητας ο ατμός εξάγεται με το άνοιγμα του ατμοστροβίλου και επομένως το τεχνικό σχέδιο είναι απλούστερο έναντι ενός στροβίλου απομάστευσης. Ωστόσο η πίεση και η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανοίγματος μπορούν μόνο να διατηρηθούν όταν λειτουργεί σε πλήρες φορτίο.

#### 6.1.1.1 ΣΗΘ με κύκλο ατμού με έναν στρόβιλο αντίθλιψης

Η λειτουργία ενός στροβίλου (στρόβιλος αντίθλιψης) ακολουθεί την εξής πορεία, ο καυτός ατμός που παράγεται στο λέβητα προκαλεί πίεση, που προκύπτει από την επιθυμητή θερμοκρασία της θερμότητας διαδικασίας. Κατά συνέπεια εκτελεί τη μηχανική εργασία για τη γεννήτρια. Η γεννήτρια μετασχηματίζει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι εναλλάκτες θερμότητας έξω από το στρόβιλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περάσουν την υπόλοιπη ποσότητα θερμότητας του ατμού σε ένα άλλο μέσο (π.χ. νερό) με τη βοήθεια της συμπύκνωσης. Αυτή η ποσότητα θερμότητας μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους. Αργότερα ο συμπυκνωμένος ατμός τροφοδοτείται στη γεννήτρια ατμού πάλι με τη βοήθεια της προετοιμασίας νερού μέσω μιας υδραντλίας. Κατά συνέπεια ο κύκλος αρχίζει πάλι. Οι βαλβίδες στο στρόβιλο χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο. Αυτό το σχέδιο χρησιμοποιείται συνήθως όταν απαιτείται ένα λίγο-πολύ σταθερό ποσό θερμότητας.

Η οργάνωση ενός απλού κύκλου στροβίλου αντίθλιψης φαίνεται στο **σχήμα 6.2**.



**Σχήμα 6.2:** Κύκλος ατμού με το στρόβιλο αντίθλιψης.

Ένας στρόβιλος αντίθλιψης βρίσκει εφαρμογή στη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις παροχής ισχύος (ηλεκτρισμός, τηλεθέρμανση), παράγοντας ενέργεια  $\sim 0,5-30 \text{ MW}_{el}$  και περισσότερο. Εφαρμόζεται όταν απαιτείται ένα συγκεκριμένο ποσό θερμότητας (λόγω μικρής πιθανότητας ελέγχου). Πολύ συχνά τοποθετούνται πολλοί ατμοστρόβιλοι σε μία σειρά με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ένας ή περισσότεροι στρόβιλοι ανάλογα με τις απαιτήσεις.

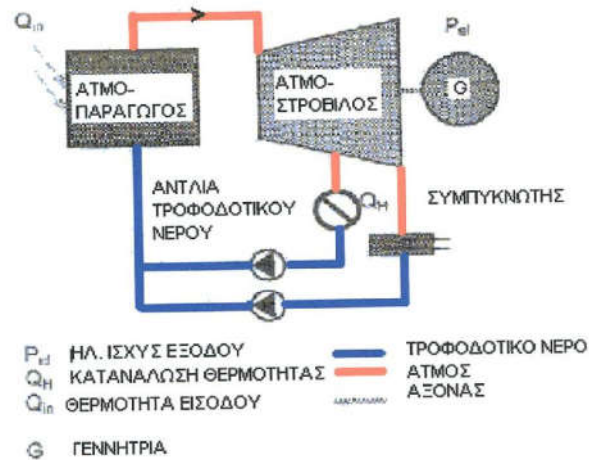
### 6.1.1.2 ΣΗΘ με κύκλο ατμού με στρόβιλο απομάστευσης

Η λειτουργία του στρόβιλου απομάστευσης είναι παρόμοια με αυτήν του κύκλου με το στρόβιλο αντίθλιψης, με τη διαφορά ότι εδώ ο ατμός εξαγωγής για την παραγωγή θερμότητας δεν λαμβάνεται από το οπίσθιο μέρος αλλά από το μέσο του στρόβιλου. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι η ηλεκτρική παραγωγή και η θερμότητα μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικές απαιτήσεις.

Με τη βοήθεια των βαλβίδων η πίεση εξαγωγής μπορεί να ρυθμιστεί ακριβώς στο σημείο εξαγωγής έτσι ώστε να διατηρηθούν οι απαραίτητες συνθήκες ατμού για την παραγωγή θερμότητας όταν χρησιμοποιείται μερικό φορτίο. Αυτό είναι το πλεονέκτημα έναντι του παραπάνω ατμοστρόβιλου όπου οι συνθήκες ποικίλλουν σύμφωνα με το φορτίο.

Για να ικανοποιηθούν οι υψηλές απαιτήσεις θερμότητας μπορεί να ληφθεί όλος ο ατμός για την παραγωγή θερμότητας από το σημείο εξαγωγής. Για τις χαμηλές απαιτήσεις θερμότητας αυτός ο τύπος στρόβιλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως ένας συμβατικός στρόβιλος απομάστευσης. Οι διάφοροι άλλοι λειτουργικοί τρόποι οφείλονται στον έλεγχο των βαλβίδων.

Η οργάνωση ενός απλού κύκλου ατμού με έναν στρόβιλο απομάστευσης φαίνεται στο **σχήμα 6.3**.



**Σχήμα 6.3:** Κύκλος ατμού με το στρόβιλο απομάστευσης

Ο στρόβιλος απομάστευσης βρίσκει εφαρμογή σε μεσαία ως υψηλή παραγωγή (~0,5- 10 MW<sub>el</sub> και περισσότερο) και σε διαφορετικές απαιτήσεις σε θερμότητα και ενέργεια.

### 6.1.1.3 Γενικές πληροφορίες για την ΣΗΘ με τον κύκλο ατμοστρόβιλων

Τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συμπαραγωγή με τον κύκλο ατμοστρόβιλου είναι είτε ο άνθρακας, το πετρέλαιο, είτε η βιομάζα (απορρίμματα). Βασικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε καύσιμο που μπορεί να καεί σε ένα λέβητα.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει αυτός ο κύκλος είναι ότι υπάρχει αποδεδειγμένη τεχνολογία, που ήδη χρησιμοποιείται, δεν υπάρχει περιορισμός μεγέθους στις εγκαταστάσεις και τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε καύσιμο.

Στα μειονεκτήματα του κύκλου συγκαταλέγονται η μικρή απόδοση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, η κακή λειτουργία σε μερικό φορτίο και η ακριβή εφαρμογή.

Στον παρακάτω πίνακα (6.1) δίνονται στοιχεία για μία εγκατάσταση περίπου ενός MW<sub>el</sub>

**Πίνακας 6.1:** Δίνονται στοιχεία από εγκατάσταση ~1MW<sub>el</sub> μέσα σε κάποια όρια απόδοσης.

Μέγεθος εγκατάστασης ~1MW <sub>el</sub>	Μονάδα	Αξία
ειδικό επενδυτικό κόστος (με στρόβιλο αντίθλιψης)	ευρώ/kW <sub>el</sub>	~ 1500
ειδικό κόστος συντήρησης	ευρώ/kW <sub>el</sub>	~ 0,007
ηλεκτρική απόδοση	%	10-20
συνολική απόδοση	%	70-85

Για τον καλύτερο τρόπο λειτουργίας για την παραγωγή ισχύος ή θερμότητας, πολύ συχνά διάφοροι στρόβιλοι ατμού τακτοποιούνται σε μια γραμμή έτσι ώστε μια ή περισσότερες μηχανές να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις ισχύος. Επομένως είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν οι στρόβιλοι κοντά στο σημείο βέλτιστης λειτουργίας.

Οι συνθήκες ατμού στις αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις ΣΗΘ χαμηλής έως μέσης παραγωγής είναι οι εξής:

- (παραγωγή - 1-10 MW) πίεση ατμού: 30 - 70 bar
- θερμοκρασία ατμού: ~ 400 - 500 °C

Ο έλεγχος του αμοστροβίλου μπορεί να επιτευχθεί μέσω των ακόλουθων δύο δυνατοτήτων:

- Μέσω μιας βαλβίδας ρύθμισης ροής μπροστά από το στρόβιλο, η οποία ελέγχει την πίεση της ροής ατμού, και οδηγεί το καύσιμο από τη γραμμή ατμού στους μεμονωμένους στρόβιλους καθώς επίσης και στην έξοδό τους.
- Μέσω του ελέγχου μιας ομάδας ακροφυσίων στο μεμονωμένο στρόβιλο, επιτρέποντας στα μεμονωμένα ακροφύσια πριν από τον πρώτο πτερυγικό στρόφαλο (στρόφαλος ελέγχου) να στραφούν προς τα μέσα ή προς τα έξω. Κατά συνέπεια το ποσοστό μαζικής ροής των άλλων σταδίων καθώς επίσης και η παραγωγή μπορούν να ρυθμιστούν.

Η συντήρηση του αμοστροβίλου πραγματοποιείται ως εξής:

- Επιθεώρηση των στρόβιλων και των σωληνώσεων ατμού για κακή ρύθμιση μία φορά την εβδομάδα
- Κάθε 5 έτη μια πιο εκτενής εβδομαδιαία αναθεώρηση πρέπει να πραγματοποιηθεί
- Τακτική επιθεώρηση των συνθηκών ατμού

Από οικολογικής άποψης, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξάτμισης του νερού τα άλατα που περιλαμβάνονται στο νερό παραμένουν στο λέβητα. Προκειμένου να αποφευχθεί η υψηλή αλατότητα (αύξηση επικαθίσεων!) το νερό αφαλατώνεται συνεχώς (1-5% του νερού τροφοδοσίας που κυκλοφορεί).

Επιπλέον είναι απαραίτητο να αφαιρεθεί η λάσπη που προκύπτει από την απόξεση των επικαθίσεων και τα υπόλοιπα άλατα στο νερό (χειροκίνητα ή αυτόματα).

Κατά την αφαίρεση των ακαθαρσιών σε ένα ρεύμα ή στο σύστημα αποχετεύσεων, υπάρχουν αντίστοιχοι νομικοί κανονισμοί να ακολουθηθούν.

Ο κύκλος αμοστροβίλου έχει και κάποια αδύναμα σημεία:

α) Θερμοδυναμική:

Η υψηλή ηλεκτρική αποδοτικότητα μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω της υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας του ατμού (170 bar, 600°C) στις δεδομένες συνθήκες συμπύκνωσης. Δεδομένου ότι αυτό απαιτεί ακριβό υλικό υψηλής θερμοκρασίας, οι εγκαταστάσεις ΣΗΘ χαμηλής και μέσης παραγωγής σχεδιάζονται για τις χαμηλότερες συνθήκες ατμού.

β) Λειτουργία:

Η λειτουργία εγκαταστάσεων ατμού είναι σχετικά ακριβή επειδή σύμφωνα με τον νόμο για τη λειτουργία λεβήτων ατμού πάντα πρέπει να υπάρχει απόθεμα ατμού παρόν.

γ) Χρησιμοποίηση βιομάζας:

Η θερμοκρασία του ατμού στις εγκαταστάσεις βιομάζας είναι περιορισμένη λόγω του αυξανόμενου κινδύνου διάβρωσης λόγω των αλκαλικών μετάλλων, του θείου και του χλωρίου που περιλαμβάνονται στα καύσιμα. Οι παραλλαγές στην περιεκτικότητα σε νερό της βιομάζας μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές

στη θερμοκρασία και τη ροή μάζας του ατμού. Προκειμένου να αποτραπεί αυτό, πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σύστημα ελέγχου.

Οι βιομηχανικοί αμοστροβίλοι έχουν καθιερωθεί και επομένως χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες σε όλο τον κόσμο.

Η τάση σίγουρα οδηγεί προς τις υψηλότερες θερμοκρασίες με συνέπεια την αυξανόμενη παραγωγή. Επομένως η εξέλιξη του υλικού επίδειξης υψηλής θερμοκρασίας είναι μεγάλης σπουδαιότητας. Μερικές σημαντικές παράμετροι σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης και την προοπτική συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Στάδιο ανάπτυξης/ προοπτική	Υπάρχουσα Κατάσταση
Παρόν στάδιο ανάπτυξης	έτοιμο για την αγορά <sup>1)</sup>
Δυνατότητα βραχυπρόθεσμης μείωσης κόστους	μέτρια <sup>2)</sup>
Δυνατότητα βραχυπρόθεσμης ανάπτυξης	μικρή <sup>2)</sup>

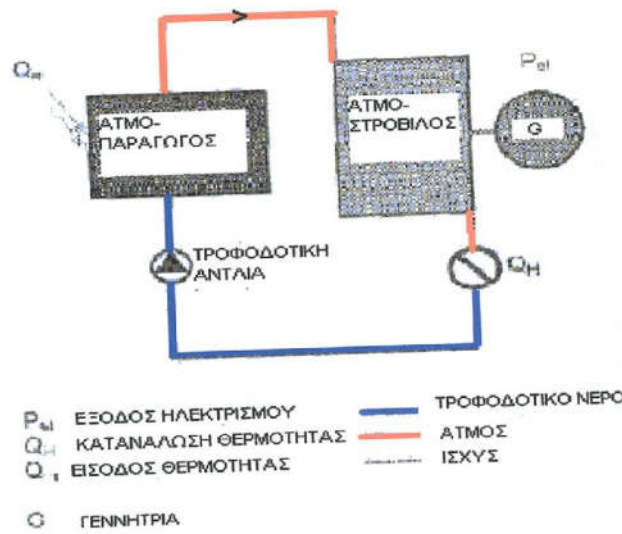
<sup>1)</sup>Στάδια ανάπτυξης: στάδιο ιδέας, εργαστηριακό στάδιο, πειραματικό στάδιο, στάδιο επίδειξης, ετοιμότητα αγοράς

<sup>2)</sup> 1 χρόνος...υψηλή, 2 χρόνια...μέτρια, 3 χρόνια...χαμηλή

### 6.1.2 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗΣ

Η λειτουργία της διεργασίας αυτής έχει ως εξής: το καυσαέριο ως αποτέλεσμα της καύσης περνά μέσω ενός λέβητα στον οποίο παράγεται ατμός. Ο ατμός ρέει έπειτα στην ατμομηχανή όπου εκτελεί μηχανική εργασία που μετατρέπεται αργότερα σε ηλεκτρική ενέργεια στη γεννήτρια. Έπειτα ο ατμός περνά στον συμπυκνωτή όπου η δευτερογενής θερμότητα συμπύκνωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τοπική θέρμανση ή για τη διεργασία. Το νερό φτάνει στην πίεση λειτουργίας μέσω μιας υδραντλίας τροφοδοσίας και τροφοδοτείται έπειτα στο λέβητα, κλείνοντας κατά συνέπεια τον κύκλο. Επομένως η διεργασία αντιστοιχεί σε έναν κύκλο αμοστροβίλου στον οποίο ο στροβίλος αντικαθίσταται από μια ατμομηχανή. Εντούτοις, σε σύγκριση με τον κύκλο αμοστροβίλου η ατμομηχανή μπορεί να παραγάγει ισχύ από 20 KW<sub>el</sub> που επιτρέπει μια αποκεντρωμένη εφαρμογή για χαμηλή παραγωγή.

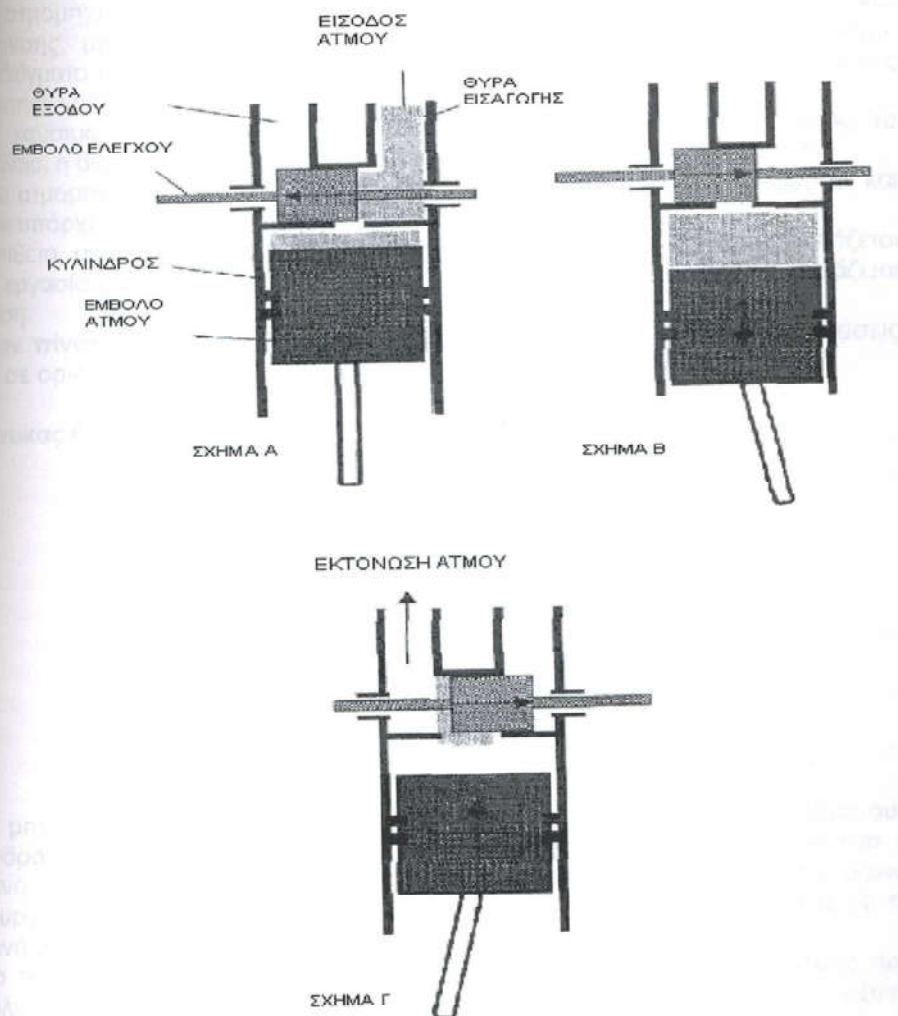
Η οργάνωση μιας εγκατάστασης με ατμομηχανή απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (6.4).



**Σχήμα 6.4:** Διάγραμμα εγκαταστάσεων ΣΗΘ με ατμομηχανή

Η αρχή μιας ατμομηχανής (σχήμα 6.5) βασίζεται στην εισαγωγή ατμού στον κύλινδρο (σχήμα α) έως ότου τα έμβολα ελέγχου σταματήσουν τη διεργασία λήψης καυσίμου. Ο ατμός εκτονώνεται και εκτελεί την εργασία στο έμβολο (σχήμα β). Δεδομένου ότι έτσι ο όγκος αυξάνεται, η πίεση μειώνεται συνεχώς. Όταν το έμβολο φθάσει στο νεκρό σημείο κινείται προς τα δεξιά αναγκάζοντας έτσι πάλι το έμβολο ελέγχου να απελευθερώσει τη βαλβίδα εξόδου και ο ατμός αφήνει και πάλι τον κύλινδρο (σχήμα γ) Κατά συνέπεια επανεκκινείται η διεργασία.





Σχήμα 6.5: Αρχή μιας ατμομηχανής

### Γενικές πληροφορίες για την ΣΗΘ με την ατμομηχανή

Η ατμομηχανή εφαρμόζεται σε αποκεντρωμένα συστήματα ισχύος και θέρμανσης, μικρής και μεσαίας κλίμακας (από ~20 kW<sub>el</sub> ως ~2000 kW<sub>el</sub>). Παραδείγματα αυτής της εφαρμογής είναι οικιακή χρήση, βιομηχανίες (διαδικασίες ξήρανσης), νοσοκομεία.

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην ατμομηχανή είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο, η βιομάζα, αλλά και κάθε καύσιμο είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί.

Μια ατμομηχανή πλεονεκτεί στο ότι έχει καλή εφαρμογή σε μερικό φορτίο, και στο ότι υπάρχει ώριμη τεχνολογία.

Αντίθετα, μειονεκτεί στο ότι παρουσιάζει χαμηλή ηλεκτρική απόδοση, χρειάζεται πολύ εργασία συντήρησης, ενώ παράγει αρκετό θόρυβο, και συνεπώς χρειάζεται μόνωση.

Στον **πίνακα 6.2** περιγράφονται κάποια δεδομένα για τις εγκαταστάσεις μέσα σε ορισμένα όρια απόδοσης.

**Πίνακας 6.2:** Στοιχεία για τη διεργασία μιας ατμομηχανής

Μέγεθος εγκατάστασης ~500kW <sub>el</sub>	Μονάδα	Τιμή
κόστος επένδυσης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	~ 1500
κόστος συντήρησης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	0.007- 0.011
ηλεκτρική απόδοση	%	6.0- 20.0
συνολική απόδοση	%	~ 80-90
εκπομπές (NO <sub>x</sub> )		εξαρτάται από το καύσιμο

Η μηχανή ατμού μπορεί να αποτελείται από ένα έως έξι εργαζόμενους κυλίνδρους. Κάθε κύλινδρος έχει το έμβολο ελέγχου του, κατά συνέπεια η μηχανή αποτελείται από δύο άξονες, έναν άξονα ρυθμίσεων και έναν άξονα λειτουργίας. Ακολούθως περιγράφονται σημαντικοί συσχετισμοί σχετικά με τη μηχανή ατμού.

Το ποσό εισόδου του ατμού μπορεί να ελεγχθεί μέσω της διαδρομής των εμβόλων ελέγχου. Η διαδρομή του εμβόλου ελέγχου ρυθμίζεται στον άξονα ρυθμίσεων με τη βοήθεια ενός έκκεντρου με μια φυγοκεντρική συσκευή αυτόματου ελέγχου. Ο άξονας ρυθμίσεων μπορεί να χωριστεί έτσι ώστε να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστοί κύλινδροι με διαφορετικές συνθήκες ατμού εισόδου και εξόδου στις μηχανές με πολλά έμβολα.

Η μηχανή ατμού μπορεί να λειτουργήσει με το κορεσμένο ατμό καθώς επίσης και με τον υπέρθερμο ατμό. Εάν, εντούτοις, χρησιμοποιείται υπέρθερμος ατμός, η ίδια μηχανή μπορεί να παραγάγει μέχρι 60% περισσότερη ενέργεια. Ο λόγος για αυτό είναι η χρησιμοποίηση της υψηλότερης πτώσης ενθαλπίας του υπέρθερμου ατμού έναντι αυτής από τον κορεσμένο ατμό. Οι πιέσεις εισόδου του ατμού μπορούν να κυμανθούν μεταξύ 6 και 60 bar. Οι ποσότητες ατμού κυμαίνονται από 0.2 έως 20 t/h ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Σε σύγκριση με τον ατμοστρόβιλο η μηχανή ατμού είναι λιγότερο ευαίσθητη στην ακαθαρσία. Αυτό καθιστά τις απλούστερες εγκαταστάσεις κατεργασίας νερού τροφοδοσίας πιθανές (κόστος!!).

Όσον αφορά την απόδοση της λειτουργίας, όταν χρησιμοποιείται μερικό φορτίο το παραχθέν ποσό ατμού μειώνεται διατηρώντας αμετάβλητες τη θερμοκρασία και την πίεση. Η μηχανική ενέργεια που απελευθερώνεται, και κατά συνέπεια και η ηλεκτρική ενέργεια, μειώνεται. Είναι σημαντικό ωστόσο ότι αυτή η μέγιστη πιθανή αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων δεν επιτυγχάνεται στην υψηλότερη ηλεκτρική παραγωγή αλλά ελαφρώς κάτω από αυτή. Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα της μηχανής ατμού εάν χρησιμοποιείται για μερικό φορτίο. Τελικά, η ηλεκτρική αποδοτικότητα μερικού φορτίου ανέρχεται στο 90% της υψηλότερης πιθανής ηλεκτρικής αποδοτικότητας όταν χρησιμοποιείται στο μισό φορτίο.

Για τη συντήρηση απαιτείται:

- Καθημερινός έλεγχος στο έλαιο κυλίνδρων (χρειάζεται μισή ώρα)
- Συμπυκνωμένα δείγματα σε σποραδικά διαστήματα για να ελεγχθεί η περιεκτικότητα σε έλαιο (χρειάζεται μισή ώρα)
- Μετά από περίπου 8000 ώρες:
  - Αλλαγή ελαίου στον στρόφαλο της μηχανής
  - τα συστατικά της μηχανής ατμού πρέπει να ελεγχθούν
- Αντικατάσταση του εμβόλου και των δαχτυλιδιών ανάλογα με την κατάσταση τους
- Αντικατάσταση του εμβόλου κάθε 3 - 5 έτη
- Κανονικός έλεγχος στον εξοπλισμό φίλτρων

Μπορεί βασικά να υποθεθεί ότι μια ατμομηχανή «ζει» για περισσότερες από 200.000 ώρες λειτουργίας εάν η συντήρηση είναι ικανοποιητική και κατάλληλη.

Από οικολογική άποψη, το έλαιο που λαμβάνεται από την ατμομηχανή μπορεί είτε να καεί στον εξοπλισμό καύσης είτε πρέπει να διατεθεί χωριστά.

Κατά τη διάρκεια της διεργασίας εξάτμισης του νερού τα άλατα που περιλαμβάνονται στο νερό παραμένουν στο λέβητα. Προκειμένου να αποφευχθεί η υψηλή αλμυρότητα (αύξηση επικαθίσεων!) το νερό αφαλατώνεται συνεχώς (1-5% του νερού τροφοδοσίας που κυκλοφορεί).

Επιπλέον είναι απαραίτητο να απαλλαχθεί από τη λάσπη ως αποτέλεσμα της απόξεσης του υλικού και από τα εναπομείναντα άλατα στο νερό (χειροκίνητα ή αυτόματα). Η αποπομπή των ακαθαρσιών σε ένα ρεύμα ή στο σύστημα αποχετεύσεων, πρέπει να συμμορφώνεται με τους αντίστοιχους νομικούς κανονισμούς.

Η ατμομηχανή έχει και κάποιες αδυναμίες. Λόγω του υψηλού επιπέδου θορύβου (μέχρι 95 dBA) η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας δεν είναι δυνατή χωρίς αντίστοιχα μέτρα καταστολής θορύβου στα κατοικημένα κτήρια κ.λπ.

Δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής τέτοιων εγκαταστάσεων εξαρτάται ιδιαίτερα από την συντήρηση που εκτελείται από το προσωπικό, γίνονται προσπάθειες για να μειωθούν στο μέλλον αυτές τις εργασίες στο ένα ελάχιστο. Μια σημαντική προσέγγιση για την επίτευξη αυτού είναι η ανάπτυξη των υλικών εμβόλων που δεν χρειάζονται τη λίπανση. Αυτό αφ' ενός θα βελτίωνε την ευκολία χειρισμού και αφ' ετέρου η διάρκεια ζωής θα μπορούσε γενικά να αυξηθεί. Εκτός από αυτό, θα μπορούσαν να μειωθούν τα απόβλητα λιπαντικών και έτσι επίσης η περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Μερικές σημαντικές παράμετροι σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης και προοπτικής συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Επίπεδο ανάπτυξης/ Προοπτικές	Υπάρχουσα κατάσταση
Παρόν επίπεδο ανάπτυξης	Έτοιμο για την αγορά <sup>1)</sup>
Ενδεχόμενη μείωση του κόστους σε σύντομο χρονικό διάστημα	Χαμηλό <sup>2)</sup>
Ενδεχόμενη ανάπτυξη σε σύντομο χρονικό διάστημα	Μέσο <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> στάδια ανάπτυξης: αρχικό στάδιο, εργαστηριακό στάδιο, πειραματικό στάδιο, στάδιο επίδειξης, ωριμότητα αγοράς

<sup>2)</sup> 1 έτος... υψηλή, 2 έτη... μέση, 3 έτη... χαμηλή

### 6.1.3 ΣΗΘ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ORC (ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ RANKINE) ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

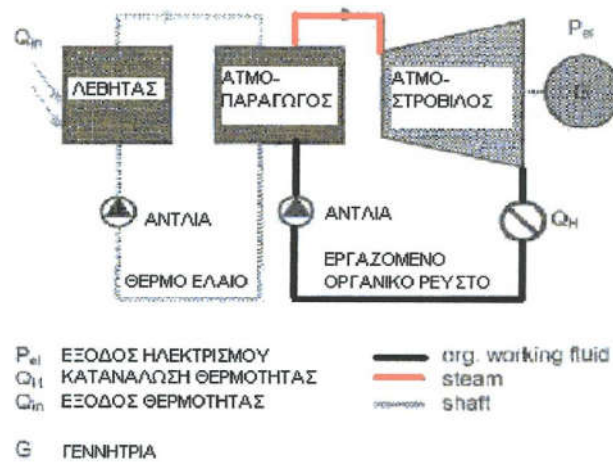
Η διαφορά έναντι του κύκλου ατμοστροβίλου είναι ότι στη θέση του νερού χρησιμοποιείται ένα οργανικό ρευστό (υδρογονάνθρακες όπως ισοπεντάνιο, ισοοκτάνιο τολουολίου ή σιλικόνη σε ρευστή μορφή). Δεδομένου ότι αυτό το εργαζόμενο ρευστό ατμοποιείται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από το νερό, η διεργασία μπορεί να προσαρμοστεί καλύτερα σε καύσιμα με χαμηλές θερμοκρασίες καύσης όπως τη βιομάζα. Προκειμένου να καθυστερήσει η διεργασία γήρανσης του εργαζόμενου ρευστού, οι επιτρεπόμενες θερμοκρασίες κοντά στα τοιχώματα δεν μπορούν να ξεπεραστούν. Επομένως είναι απαραίτητος ένας ενδιάμεσος κύκλος θερμού ελαίου που επιτρέπει τον καλύτερο έλεγχο θερμοκρασίας.

Ο κύκλος θερμού ελαίου επιτρέπει την περαιτέρω ελάττωση της πίεσης λειτουργία στις υψηλές θερμοκρασίες και έτσι δεν απαιτεί ατμός σε κατάσταση αναμονής.

Το καυσαέριο που προέρχεται από τη διεργασία καύσης στο λέβητα βιομάζας παρέχει τη θερμότητα στο κύκλο θερμού ελαίου. Αργότερα η θερμότητα τροφοδοτείται σε ένα εργαζόμενο οργανικό ρευστό που το ατμοποιεί. Το ατμοποιημένο ρευστό εκτονώνεται σε έναν στρόβιλο και το αποκτηθέν μηχανικό έργο περνάει σε μια γεννήτρια όπου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ρευστό που επεκτάθηκε εισέρχεται έπειτα σε έναν συμπυκνωτή όπου η αποβαλόμενη θερμότητα είναι διαθέσιμη σε επίπεδο θερμοκρασίας που επιτρέπει τη λειτουργία ενός δικτύου θερμού νερού για απευθείας ή επεξεργάσιμη παροχή θερμότητας. Αργότερα το συμπύκνωμα παρουσιάζεται στη πίεση λειτουργίας από την αντλία και τροφοδοτείται πάλι στον εξατμιστήρα.

Προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το εργαζόμενο ρευστό που εξέρχεται από το στρόβιλο μπορεί να περάσει μέσω ενός αναθερμαντή (που δεν περιλαμβάνεται στο σχήμα) προτού εισέλθει στον συμπυκνωτή.

Στο παρακάτω **σχήμα (6.6)** παρουσιάζεται η οργάνωση μιας εγκατάστασης με οργανικό κύκλο Rankine.



**Σχήμα 6.6:** Διεργασία εγκατάστασης ενός εγκατάστασης ORC

#### Γενικές πληροφορίες για την ΣΗΘ με τον οργανικό κύκλο Rankine

Ο οργανικός κύκλος Rankine εφαρμόζεται σε αποκεντρωμένα συστήματα ισχύος και θέρμανσης, μικρής και μεσαίας κλίμακας (από ~300 kW<sub>el</sub> και πάνω), όπως σε: βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, βιομηχανίες (διαδικασίες ξήρανσης), κατασκευαστικές εταιρίες.

Πλεονεκτεί στο ότι έχει καλή εφαρμογή σε μερικό φορτίο, καθώς και στο ότι υπάρχει ώριμη τεχνολογία για την εφαρμογή του.

Αντίθετα μειονεκτεί στο ότι απαιτεί ενδιάμεση χρήση θερμού ελαίου, κάτι που συνεπάγεται αύξηση του κόστους της εγκατάστασης. Επίσης, υπάρχει μικρή εμπειρία με εγκαταστάσεις ORC που τροφοδοτούνται με βιομάζα και το κόστος της εγκατάστασης είναι σχετικά υψηλό.

Στον **πίνακα 6.3** περιγράφονται κάποια στοιχεία από εγκαταστάσεις μέσα σε συγκεκριμένα όρια απόδοσης

**Πίνακας 6.3:** Στοιχεία μιας διεργασίας ORC

Μέγεθος εγκατάστασης ~500kW <sub>el</sub>	Μονάδα	Τιμή
κόστος επένδυσης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	~ 2300
Πυριτικό έλαιο	ευρώ/ l	~22
κόστος συντήρησης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	0.007
ηλεκτρική απόδοση	%	10-20
συνολική απόδοση	%	έως 85
εκπομπές (NO <sub>x</sub> )	mg/ Nm <sup>3</sup>	εξαρτάται από το καύσιμο ~250-400

Οι εγκαταστάσεις ORC διατίθενται ως πλήρεις μονάδες. Η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μονάδας ORC κυμαίνεται μεταξύ 200 και 1500 kW<sub>el</sub>. Υψηλότερη παραγωγή εγκαταστάσεων μπορεί να επιτευχθεί με παράλληλη λειτουργία των μονάδων.

Το κύριο μέρος της τροφοδοσίας σε θερμότητα πραγματοποιείται στον θάλαμο καύσης αλλά η θερμότητα καυσαερίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω με την απελευθέρωση της θερμότητας σε έναν εξοικονομητή. Η απομαστυμμένη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρόσθετα για απευθείας ή επεξεργάσιμη παροχή θερμότητας, αυξάνοντας κατά συνέπεια τη γενική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων. Εκτός από αυτό, η χρησιμοποίηση καυσαερίων στον εξοικονομητή επιτρέπει μια χαμηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας του συμπυκνωτή επειδή η απαραίτητη θερμότητα για την επίτευξη της απαραίτητης τελικής θερμοκρασίας για τη θερμότητα διεργασίας παρέχεται από τον εξοικονομητή. Κατά συνέπεια η απόδοση σε ηλεκτρική ενέργεια των εγκαταστάσεων μπορεί να βελτιωθεί.

Συνήθως το πυριτικό ρευστό χρησιμοποιείται ως εργαζόμενο οργανικό ρευστό σε έναν κλειστό κύκλο επειδή δεν είναι ούτε τοξικό ούτε αέριο θερμοκηπίου.

Ο έλεγχος της διεργασίας ORC μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παροχής θερμότητας στο λέβητα.

Η κατάσταση λειτουργίας του ORC βρίσκεται σε αυτές τις συνθήκες:

Πίεση εξάτμισης του εργαζόμενου ρευστού: 10 bar

Θερμοκρασία εξάτμισης αερίου από το λέβητα: 300 °C

Οι απαιτήσεις για συντήρηση στις εγκαταστάσεις ORC είναι βασικά μικρές. Οι εργασίες συντήρησης ανέρχονται σε περίπου στις 4 ώρες εβδομαδιαίως. Το εργαζόμενο ρευστό (συνήθως πυριτικό ρευστό) πρέπει να αντικατασταθεί μετά από περίπου 20 έτη.

Από οικολογική άποψη, το συχνά χρησιμοποιούμενο πυριτικό ρευστό δεν έχει καμία ευθύνη για την μείωση του όζοντος, καίγεται εύκολα αλλά είναι μη εκρηκτικό. Λόγω του χαμηλού σημείου ανάφλεξης (34°C) οι απώλειες από διαρροή του εργαζόμενου ρευστού πρέπει να αποφευχθούν πλήρως. Λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής του ρευστού (μέχρι 20 έτη) δεν απαιτείται καμία αντικατάσταση.

Για μια αποδοτική λειτουργία με καύσιμο τη βιομάζα θα πρέπει να τηρούνται οι εξής όροι:

- υψηλό ποσό ετήσιων ωρών λειτουργίας σε πλήρες φορτίο (> 4000 ώρες)
  - μπορεί να επιτευχθεί μέσω του κατάλληλου σχεδίου εγκαταστάσεων
- υψηλή δυνατή απόδοση
  - μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός σωστά προσανατολισμένου σχεδίου θερμότητας
- χρησιμοποίηση καυσίμων που κατατάσσονται στα φθηνά
  - πριονίζοντας υποπροϊόντα π.χ., απόβλητα παραγωγής

Ο κύκλος ORC έχει και αδύναμα σημεία. Η χαμηλή θερμοκρασία διεργασίας που προέρχεται από τη χρήση βιομάζας και περιορίζεται προς τα πάνω από τη θερμική σταθερότητα του εργαζόμενου ρευστού και του θερμού ελαίου επιτρέπει μόνο τη σχετικά χαμηλή αποδοτικότητα.

Στον τομέα της γεωθερμίας υπάρχουν ήδη πολλές εγκαταστάσεις ORC που χρησιμοποιούνται. Επομένως η διεργασία αντιπροσωπεύει μια αποδεδειγμένη τεχνολογία.

Το 1999 οι πρώτες εγκαταστάσεις που έκαιγαν βιομάζα με ORC τέθηκαν σε λειτουργία στην Αυστρία από τη βιομηχανία ξυλείας στο Admont (Styria). Περισσότερες εγκαταστάσεις προγραμματίζονται.

Μερικές σημαντικές παράμετροι σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης και προοπτικής συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα. (Πηγή: Dezentrale Biomasse-Kraft- Wärme- Kopplungstechnologien)

Επίπεδο ανάπτυξης/ Προοπτικές	Υπάρχουσα κατάσταση
Παρόν επίπεδο ανάπτυξης	Έτοιμο για την αγορά <sup>1)</sup>
Ενδεχόμενη μείωση του κόστους σε σύντομο χρονικό διάστημα	Χαμηλό <sup>2)</sup>
Ενδεχόμενη ανάπτυξη σε σύντομο χρονικό διάστημα	Μέσο <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> στάδια ανάπτυξης: αρχικό στάδιο, εργαστηριακό στάδιο, πειραματικό στάδιο, στάδιο επίδειξης, ωριμότητα των σημαδιών

<sup>2)</sup> 1 έτος... υψηλή, 2 έτη... μέση, 3 έτη... χαμηλή

#### 6.1.4 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

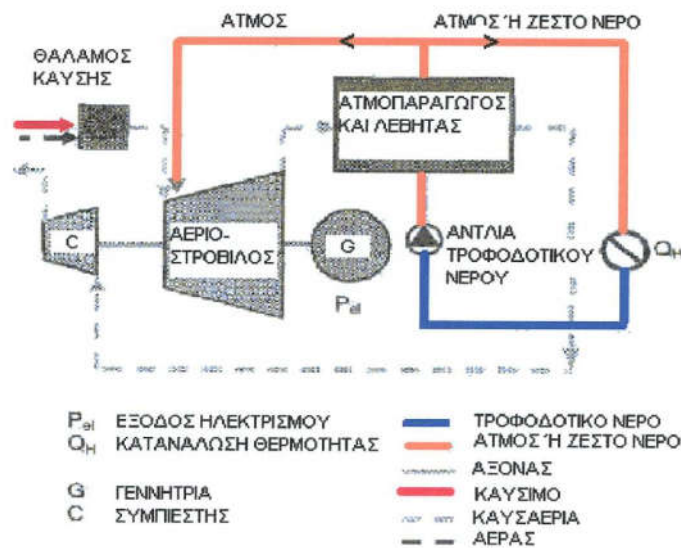
Στο συμβατικό κύκλο αεριοστρόβιλου ο αέρας συμπιέζεται, τα καύσιμα τροφοδοτούνται και καίγονται, και το καυσαέριο εκτονώνεται έπειτα από την υψηλή πίεση σε ατμοσφαιρική πίεση στο στρόβιλο.

Στον αντίστροφο κύκλο αεριοστρόβιλου η ατμοσφαιρική καύση πραγματοποιείται, το καυσαέριο εκτονώνεται από την ατμοσφαιρική πίεση σε μια πίεση κάτω από την ατμοσφαιρική στο στρόβιλο και συμπιέζεται αργότερα και πάλι στην ατμοσφαιρική πίεση σε έναν συμπίεστη. Το πλεονέκτημα αυτού του κύκλου βρίσκεται στην ατμοσφαιρική καύση που αποφεύγει την ακριβή και δύσκολη τροφοδοσία καυσίμων στο δοχείο πίεσης εάν χρησιμοποιείται η βιομάζα.

Η θερμότητα που περιλαμβάνεται στο καυσαέριο μετά την διέλευσή του από τον στρόβιλο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού ή θερμού νερού και είναι έτσι διαθέσιμη για άλλους καταναλωτές θερμότητας. Συγχρόνως η ψύξη του καυσαερίου μειώνει το έργο συμπίεσης. Το καυσαέριο θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της συμπίεσης και αυτή η θερμότητα μπορεί περαιτέρω να χρησιμοποιηθεί για την προθέρμανση του αέρα προτού να εισαχθεί στον θάλαμο καύσης (όχι στο σχήμα), προκειμένου να αυξηθούν η ηλεκτρική παραγωγή και η απόδοση που είναι δυνατό να παράγει ατμό με τη βοήθεια του καυσαερίου του στρόβιλου. Αυτός ο ατμός τροφοδοτείται έπειτα το στρόβιλο πάλι, ο οποίος συμβαίνει φυσικά με κατανάλωση της παραγόμενης θερμότητας.

Ως μια άλλη επιλογή έχει εξεταστεί ένας συνδυασμένος κύκλος ατμού και αερίου με ατμοστρόβιλο κατερχόμενης ροής που οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή και απόδοση σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η οργάνωση μιας εγκατάστασης Σ.Θ.Η. με αντίστροφο κύκλο αεριοστρόβιλου φαίνεται στο **σχήμα 6.7**.



**Σχήμα 6.7:** Αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλου με διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας

Ο αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλου βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος και θερμότητας από βιομάζα, ξεκινώντας περίπου από το 1 MW<sub>el</sub>.

Ενδείκνυται για τη βιομάζα ως καύσιμο.

Πλεονεκτεί στο ότι έχει καλή ηλεκτρική απόδοση, δεν δημιουργεί μεγάλη πίεση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένα εξαρτήματα. Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και υγρή βιομάζα.

Φυσικά, παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Η τεχνολογία δεν είναι ακόμη ώριμη, έχει πολύπλοκη εγκατάσταση και υψηλά ειδικά κόστη εγκατάστασης, επειδή οι μηχανές turbo είναι πολύ μεγάλες λόγω της λειτουργίας εν κενώ. Επίσης, ο καθαρισμός των καυσαερίων με τη βοήθεια κυκλώνα είναι απαραίτητος πριν μπουν στον αεριοστροβίλο.

Στον **πίνακα 6.4** περιγράφονται κάποια στοιχεία από εγκαταστάσεις που λειτουργούν μέσα σε συγκεκριμένα όρια απόδοσης.



**Πίνακας 6.4:** Στοιχεία σχετικά με ένα αντίστροφο κύκλο αεριοστροβίλου

Μέγεθος εγκατάστασης ~500-1500kW <sub>el</sub>	Μονάδα	Τιμή
κόστος επένδυσης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	~ 3600
κόστος συντήρησης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	Άγνωστο
ηλεκτρική απόδοση	%	Έως 22
συνολική απόδοση	%	έως 75
εκπομπές (NO <sub>x</sub> )	Mg/ Nm <sup>3</sup>	Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία

Η κατάσταση λειτουργίας έχει ως εξής:

Μέση παραγωγή (1 MW<sub>el</sub> και μεγαλύτερη)

Θερμοκρασία εισόδου στροβίλου: 600 - 800°C

Χαμηλή πίεση: 0.30 bar - 0.39 bar

Ενώ ο έλεγχος πραγματοποιείται ως εξής:

- Λόγω της πιθανής έγχυσης ατμού στο στρόβιλο είναι δυνατή μια μετατόπιση μεταξύ της παραγωγής θερμότητας και ισχύος.
- Μια άλλη πιθανότητα είναι να ποικίλει η ποσότητα καυσίμου που καίγεται στον θάλαμο καύσης.

Από οικολογική άποψη, δεδομένου ότι αυτή η διεργασία πρόκειται να λειτουργήσει με βιομάζα υπάρχουν επίσης χαμηλές εκπομπές που έχουν σχέση με την καύση βιομάζας. Η βιομάζα έχει χαμηλές εκπομπές CO<sub>2</sub> και έτσι δεν συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η έννοια του Σ.Θ.Η. με τον αντίστροφο κύκλο αεριοστροβίλου αναπτύχθηκε στο ίδρυμα για τις θερμικές τουρμπο-μηχανές και τη δυναμική των μηχανών του πανεπιστημίου Τεχνολογίας του Graz. Σε μια μελέτη που έγινε υπό την αιγίδα της επαρχίας Styria έχουν επεξεργασθεί οι δαπάνες τέτοιων εγκαταστάσεων και οι δυνατότητες για την κατασκευή πειραματικών εγκαταστάσεων.

Μερικές σημαντικές παράμετροι σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης και την προοπτική συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Επίπεδο ανάπτυξης/ Προοπτικές	Υπάρχουσα κατάσταση
Παρόν επίπεδο ανάπτυξης	Αρχικό στάδιο <sup>1)</sup>
Ενδεχόμενη μείωση του κόστους σε σύντομο χρονικό διάστημα	Χαμηλό <sup>2)</sup>
Ενδεχόμενη ανάπτυξη σε σύντομο χρονικό διάστημα	Χαμηλό <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> στάδια ανάπτυξης: αρχικό στάδιο, εργαστηριακό στάδιο, πειραματικό στάδιο, στάδιο επίδειξης, ωριμότητα αγοράς

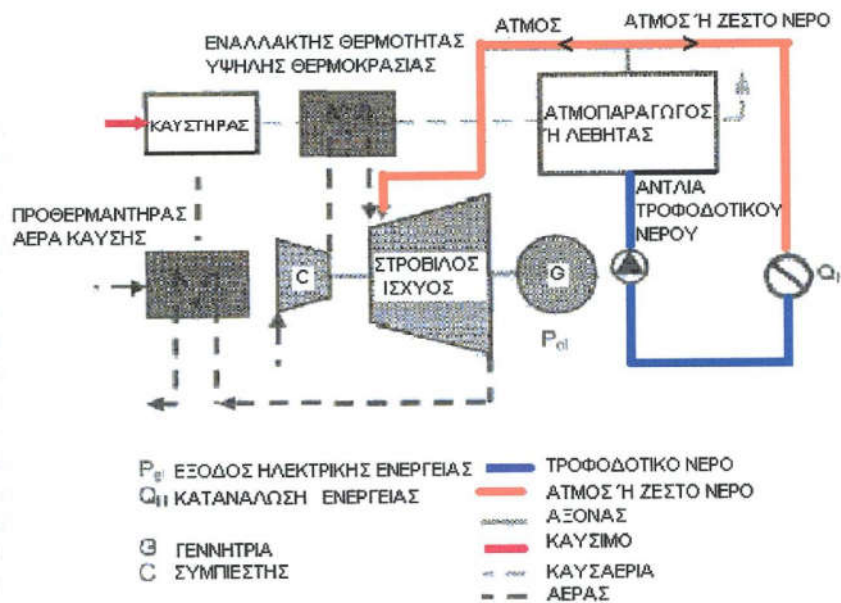
<sup>2)</sup> 1 έτος... υψηλή, 2 έτη... μέση, 3 έτη... χαμηλή

### 6.1.5 ΚΥΚΛΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΘΕΡΜΟΥ ΑΕΡΑ (ΕΜΜΕΣΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ)

Στο συμβατικό κύκλο αεριοστρόβιλου το καυσαέριο εκτονώνεται στον στρόβιλο. Στον έμμεσο αεριοστρόβιλο ο κύκλος αντί του καυσαερίου ο αέρας εκτονώνεται στον στρόβιλο και η θερμότητα διαβιβάζεται από το καυσαέριο στον αέρα διεργασίας σε έναν εναλλάκτη θερμότητας. Οποιοσδήποτε τύπος καυσίμων μπορεί να καεί ατμοσφαιρικά σε έναν λέβητα. Σε έναν εναλλάκτη θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας το καυσαέριο εκπέμπει τη θερμότητα στον συμπιεσμένο αέρα διεργασίας. Ο θερμός εργαζόμενος αέρας ρέει στον στρόβιλο και εκτελεί μηχανικό έργο. Ο αέρας διαφυγής που εκτονώνεται περνάει σε έναν προθερμαντή αέρα προθερμαίνοντας τον αέρα καύσης. Η υπόλοιπη θερμότητα που περιλαμβάνεται στο καυσαέριο αφού έχει περάσει από τον προθερμαντή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του ατμού ή του θερμού νερού και είναι έτσι διαθέσιμη σε άλλους καταναλωτές θερμότητας.

Μια άλλη δυνατότητα είναι έγχυση ατμού στον στρόβιλο. Σε αυτήν την διεργασία μέρος του παραγόμενου ατμού εγχέεται στον στρόβιλο ισχύος προκειμένου να αυξηθεί η ηλεκτρική παραγωγή και να μειωθεί η παραγωγή θερμότητας.

Η οργάνωση των εγκαταστάσεων ΣΗΘ με τον έμμεσο κύκλο αεριοστρόβιλων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ( 6.8).



Σχήμα 6.8: Εγκαταστάσεις ΣΗΘ με τον κύκλο στρόβιλων θερμού αέρα

Ο κύκλος αεριοστροβίλου θερμού αέρα εφαρμόζεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος και θερμότητας ξεκινώντας περίπου από τα 400 KW<sub>el</sub>.

Τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η βιομάζα, ο άνθρακας, το πετρέλαιο, αλλά και κάθε καύσιμο.

Ο κύκλος πλεονεκτεί σε ηλεκτρική απόδοση.

Αντίθετα μειονεκτεί στο ότι η τεχνολογία δεν είναι ακόμη ώριμη, η εγκατάσταση είναι πολύπλοκη, υπάρχουν μεγάλες θερμικές καταπονήσεις στον εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος είναι ακριβός.

Στον **πίνακα 6.5** περιγράφονται μερικά δεδομένα από μια εγκατάσταση μέσα σε μια ορισμένα όρια απόδοσης.

**Πίνακας 6.5:** Στοιχεία ενός έμμεσου κύκλου αεριοστροβίλου

Μέγεθος εγκατάστασης ~250-500kW <sub>el</sub>	Μονάδα	Τιμή
κόστος επένδυσης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	~ 3900
κόστος συντήρησης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	Άγνωστο
ηλεκτρική απόδοση	%	Έως 30 (με έγχυση ατμού)
συνολική απόδοση	%	~80
εκπομπές (NO <sub>x</sub> )	Mg/ Nm <sup>3</sup>	Εξαρτάται από το καύσιμο <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Σε μια κλίμακα περίπου 200-500 Mg/ Nm<sup>3</sup>, σύμφωνα με την έξοδο

Η λειτουργία εκτελείται υπό τους παρακάτω όρους:

Μέση παραγωγή (-1 MW<sub>e</sub> και υψηλότερη)

Εσωτερική θερμοκρασία στροβίλου: - 800 - 1000 °C.

Εσωτερική πίεση στροβίλου: - 10 bar

Ο έλεγχος επιτελείται με δύο τρόπους:

- Λόγω της πιθανής έγχυσης ατμού στον στρόβιλο η ηλεκτρική παραγωγή μπορεί να αυξηθεί ενώ η χρήσιμη θερμότητα που απελευθερώνεται, μειώνεται.
- Ο έλεγχος μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω της παραλλαγής της ποσότητας καυσίμου που καίγεται στον εξοπλισμό καύσης. Ακόμα είναι σημαντικό ότι τα επιτρεπόμενα όρια θερμοκρασίας των εναλλακτών θερμότητας δεν ξεπερνιούνται.

Τα μέρη των εναλλακτών θερμότητας μέσα από τα οποία περνά το καυσαέριο πρέπει να είναι συνεχώς καθαρισμένα, που συνήθως γίνεται αυτόματα. Εκτός από αυτό, τα μέρη που δέχονται υψηλή θερμική καταπόνηση πρέπει να ελεγχονται τακτικά για ρωγμές λόγω πίεσης.

Πιο λεπτομερή στοιχεία για τις εργασίες συντήρησης μπορούν να αποκτηθούν μέσω πειραματικών εγκαταστάσεων.

Από οικολογική άποψη, ο αντίκτυπος εξαρτάται συνήθως από τον τύπο καυσίμων που χρησιμοποιείται.

Προς το παρόν εγκαταστάσεις δοκιμής στο ελεύθερο πανεπιστήμιο των Βρυξελλών οργανώνονται με καύσιμο τη βιομάζα. Προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα που προκαλούνται από την μεταβαλλόμενη περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία, χρησιμοποιείται μόνο ως βασικό καύσιμο. Η επιθυμητή τελική θερμοκρασία επιτυγχάνεται μέσω ενός βοηθητικού εξοπλισμού καύσης αερίου.

Μερικές σημαντικές παράμετροι σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης και τις προοπτικές συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Επίπεδο ανάπτυξης/ Προοπτικές	Υπάρχουσα κατάσταση
Παρόν επίπεδο ανάπτυξης	Στάδιο επίδειξης <sup>1)</sup>
Ενδεχόμενη μείωση του κόστους σε σύντομο χρονικό διάστημα	Χαμηλό <sup>2)</sup>
Ενδεχόμενη ανάπτυξη σε σύντομο χρονικό διάστημα	Χαμηλό <sup>2)</sup>

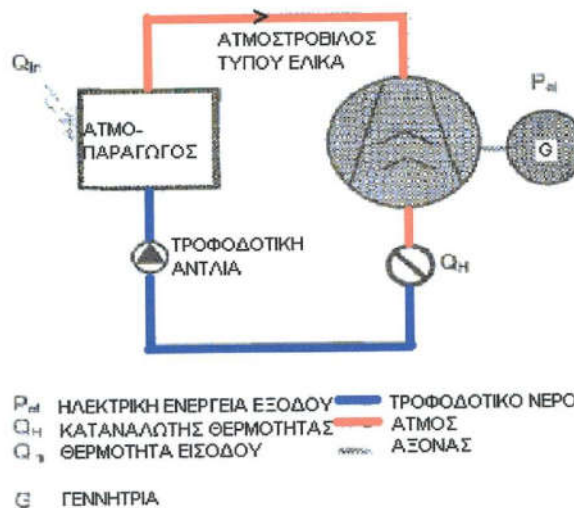
<sup>1)</sup> στάδια ανάπτυξης: στάδιο έννοιας, εργαστηριακό στάδιο, πειραματικό στάδιο, στάδιο επίδειξης, ωριμότητα αγοράς

<sup>2)</sup> 1 έτος... υψηλό, 2 έτη... μέσων, 3 έτη... χαμηλά

### 6.1.6 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗΣ ΤΥΠΟΥ ΕΛΙΚΑ

Η διεργασία ατμομηχανής τύπου έλικα είναι διαφορετική από τον συμβατικό κύκλο ατμοστροβίλου ή την διεργασία ατμομηχανών επειδή μια ατμομηχανής τύπου έλικα χρησιμοποιείται για την επέκταση ατμού. Το καυσαέριο ως αποτέλεσμα της καύσης παράγει τον ατμό μέσα στον λέβητα. Ο ατμός εισέρχεται στην ατμομηχανή τύπου έλικα, όπου εκτονώνεται. Λόγω αυτού, ο ατμός εκτελεί μηχανικό έργο, το οποίο μετατρέπεται σε ισχύ από την γεννήτρια. Στον επόμενο συμπυκνωτή η αποκτηθείσα θερμότητα συμπίκνωσης χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία της περιοχής με απευθείας θερμότητα ή θερμότητα διεργασίας. Με τη βοήθεια μιας αντλίας τροφοδοτικού νερού το νερό φτάνει έπειτα στη πίεση λειτουργίας και τροφοδοτείται τον λέβητα, κλείνοντας κατά συνέπεια τον κύκλο.

Η οργάνωση εγκαταστάσεων ΣΗΘ με ατμομηχανή τύπου έλικα απεικονίζεται στο **σχήμα 6.9**.



**Σχήμα 6.9:** Διάγραμμα εγκαταστάσεων ΣΗΘ με ατμομηχανή τύπου έλικα

Μια ατμομηχανή τύπου έλικα αποτελείται από δύο σπειροειδείς στροφείς εμπλοκής. Ο χώρος εργασίας μεταξύ των δύο σπειροειδών στροφών αλλάζουν περιοδικά. Η εισαγωγή είναι ανοικτή. Ο ατμός εισάγεται τον χώρο εργασίας, η είσοδος κλείνει λόγω της συνεχούς μετακίνησης των στροφών, και ο ατμός αρχίζει να εκτονώνεται. Οι δύο στροφείς οδηγούνται με αυτήν την διεργασία επέκτασης. Αυτό το μηχανικό έργο μετατρέπεται αργότερα σε ισχύ από την γεννήτρια.

#### Γενικές πληροφορίες για ατμομηχανή τύπου έλικα

Η ατμομηχανή τύπου έλικα εφαρμόζεται για αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος και θερμότητας για χαμηλή και μέση παραγωγή (20- 2000 KW<sub>el</sub>).

Τα πιθανά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την ΣΗΘ, είναι η βιομάζα, ο άνθρακας, το πετρέλαιο, αλλά και κάθε καύσιμο.

Η ατμομηχανή αυτή έχει καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, μπορεί να χρησιμοποιήσει υγρό ατμό, και έχει χαμηλές δαπάνες συντήρησης. Όμως υπάρχει μικρή εμπειρία λειτουργίας της και απαιτεί περιορισμένη πίεση ατμού.

Στον **πίνακα 6.6** περιγράφονται μερικά δεδομένα από μια εγκατάσταση μέσα σε συγκεκριμένα όρια απόδοσης.

**Πίνακας 6.6:** Στοιχεία μιας διεργασίας ατμομηχανής τύπου έλικα

Μέγεθος εγκατάστασης ~500-700kW <sub>el</sub> (Με καύση βιομάζας)	Μονάδα	Τιμή
κόστος επένδυσης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	~ 1600
κόστος συντήρησης	ευρώ/ kW <sub>el</sub>	0.004-0.007
ηλεκτρική απόδοση	%	10-15 (20)
συνολική απόδοση	%	Έως 90
εκπομπές (NO <sub>x</sub> )	Mg/ Nm <sup>3</sup>	Εξαρτάται από το καύσιμο <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Στη διαβάθμιση των αεριοστροβίλων (50-500 Mg/ Nm<sup>3</sup>, σύμφωνα με την έξοδο)

Υπάρχουν δύο τύποι ατμομηχανή τύπου έλικα:

Της συνεχούς διαβροχής (wet-running) και της συνεχούς ξηρασίας (dry-running).

Στη μηχανή συνεχούς διαβροχής το έλαιο εγχέεται στον χώρο εργασίας για λόγους λίπανσης.

Αργότερα αυτό το έλαιο πρέπει να φιλτραριστεί πάλι από τον κύκλο.

Οι συνεχούς ξηρασίας μηχανές επιτυγχάνουν μια ανέπαφη μετακίνηση λόγω ενός ειδικού γραναζιού συγχρονισμού ταχυτήτων οχήματος και επομένως δεν είναι απαραίτητη η λίπανση. Ακόμα, η διαρροή μεταξύ των βιδών και του περιβλήματος μηχανών είναι μεγαλύτερη από μια από την μηχανή που έχει λιπανθεί και έτσι επίσης η απώλεια διαρροής είναι υψηλότερη.

Ο έλεγχος μπορεί να επιτευχθεί με τη ρύθμιση της ροής του ατμού στην είσοδο του χώρου εργασίας. Κατά συνέπεια, η πίεση και η ηλεκτρική παραγωγή στην έξοδο μειώνονται .

Η ατμομηχανή τύπου έλικα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με υπέρθερμο ατμό, κορεσμένο καθώς επίσης και με υγρό.

Η ατμομηχανή τύπου έλικα έχει πολύ χαμηλές απαιτήσεις σε συντήρηση. Το έλαιο στον σχεδιασμό που έγινε για λίπανση με έλαιο πρέπει να ελέγχεται τακτικά προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή ζημία. Οι δαπάνες συντήρησης ανέρχονται σε περίπου 3 ώρες την εβδομάδα. Μετά από περίπου 5 έτη πρέπει να γίνει μια πτό εκτενής επανεξέταση.

Το έλαιο της ατμομηχανής τύπου έλικα, συνεχούς διαβροχής, μπορεί να καεί στον εξοπλισμό καύσης ή πρέπει να απομακρυνθεί χωριστά. Κατά τη διάρκεια της διεργασίας εξάτμισης του νερού, τα άλατα που περιλαμβάνονται στο νερό παραμένουν στο λέβητα. Προκειμένου να αποφευχθεί η υψηλή αλατότητα (αύξηση επικαθίσεων!!) το νερό αφαλατώνεται συνεχώς (1-5 % από τροφοδοτικό νερό που κυκλοφορεί).

Επιπλέον είναι απαραίτητο να απομακρύνουμε τη λάσπη που προέρχεται από το υλικό γδαρσίματος και το υπόλειμμα αλάτων στο νερό (με το χέρι ή αυτόματα). Κατά την απομάκρυνση των σκουπιδιών σε ένα ρεύμα ή στο σύστημα αποχετεύσεων, η αντιστοιχία οι νομικοί κανονισμοί πρέπει να είναι σύμφωνοι.

Σε σύγκριση με την ατμομηχανή, η στήριξη που απαιτείται για την ατμομηχανή τύπου έλικα δεν είναι απαραίτητο να είναι τόσο ισχυρή επειδή οι δονήσεις προκαλούμενες από τις περιστροφικές κινήσεις δεν είναι τόσο ισχυρές όσο αυτές που προκαλούνται από τις ομογενείς κινήσεις.

Δεδομένου ότι οι ατμομηχανές τύπου έλικα με 90 dBA είναι αρκετά θορυβώδεις, απαιτείται ικανοποιητική ακουστική μόνωση όταν χρησιμοποιείται στις κατοικημένες περιοχές.

Λόγω των υψηλών εκπομπών θορύβου(μέχρι 90 dBA) μια εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας σε διαμερίσματα κ.λπ. δεν είναι δυνατή χωρίς αντίστοιχα μέτρα μόνωσης θορύβου.

Σήμερα οι μηχανές τύπου έλικα χρησιμοποιούνται συνήθως ως συμπιεστές. Όταν χρησιμοποιούνται ως μηχανές, γίνεται χρήση μιας επίσης δοκιμασμένης τεχνολογίας.

Οι τάσεις κινούνται σίγουρα προς τις συνεχούς ξηρασίας μηχανές επειδή τα προβλήματα ελαίου μπορούν να αποφευχθούν και έτσι οι δαπάνες συντήρησης μειώνονται.

Μερικές σημαντικές παράμετροι σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης και τις προοπτικές συνοψίζονται παρακάτω:

Επίπεδο ανάπτυξης/ Προοπτικές	Υπάρχουσα κατάσταση
Παρόν επίπεδο ανάπτυξης	Στάδιο επίδειξης <sup>1)</sup>
Ενδεχόμενη μείωση του κόστους σε σύντομο χρονικό διάστημα	Μέσο <sup>2)</sup>
Ενδεχόμενη ανάπτυξη σε σύντομο χρονικό διάστημα	Χαμηλό <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> στάδια ανάπτυξης: αρχικό στάδιο, εργαστηριακό στάδιο, πειραματικό στάδιο, στάδιο επίδειξης, ωριμότητα αγοράς

<sup>2)</sup> 1 έτος... υψηλό, 2 έτη... μέσο, 3...χαμηλό, στον ακόλουθο πίνακα. (Πηγή: UNI Dortmund)

## 6.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Πίνακας 6.7: Συγκριτικός πίνακας τεχνολογιών συμπαραγωγής με βιομάζα

Τεχνολογία	Τεχνολογίες					
	Κύκλος ατμού	Ατμομηχανή	Οργανικός Κύκλος Rankine	Αντίστροφος κύκλος αεριοστροβίλου	Κύκλος στροβίλου θερμού αέρα	Ατμομηχανή τύπου έλικα
Εφαρμογή	Διάφορες χρήσεις θερμότητας και ηλεκτρισμού Βιομηχανίες, υπηρεσίες, παροχής ισχύος	Αποκεντρωμένα συστήματα ισχύος και θέρμανσης Οικιακή χρήση, νοσοκομεία, βιομηχανίες	Αποκεντρωμένα συστήματα ισχύος και θέρμανσης Βιομηχανίες, βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, κατασκευαστικές εταιρείες	Παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού	Παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού	Αποκεντρωμένα συστήματα ισχύος και θέρμανσης
Ύψισμα	Άνθρακας, πετρέλαιο, βιομάζα, κάθε είδους καύσιμο	Άνθρακας, πετρέλαιο, βιομάζα, κάθε είδους καύσιμο	Βιομάζα, κάθε καύσιμο είναι πιθανό	Βιομάζα	Βιομάζα, πετρέλαιο, άνθρακας, κάθε είδους καύσιμο	Βιομάζα, πετρέλαιο, άνθρακας, κάθε είδους καύσιμο
Ισχύς	0.5-30MWel και πάνω	20 -2000KW <sub>el</sub>	300KW <sub>el</sub> και πάνω	1MWel και πάνω	400KW <sub>el</sub> και πάνω	20 -2000KW <sub>el</sub>
Χρόνος	-	Χρειάζεται μόνωση	-	-	-	Χρειάζεται μόνωση
Παύση	Μια φορά την εβδομάδα επιθεώρηση στροβίλων και σωληνώσεων	Χρειάζεται πολλή εργασία	4 ώρες εβδομαδιαίως	Εάν χρησιμοποιούνται τυποποιημένα εξαρτήματα δεν θα υπάρξει πρόβλημα	Τα μέρη των εναλλακτικών θερμότητας καθαρίζονται αυτόματα, τα μέρη που δέχονται υψηλή θερμική καταπόνηση θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά για τυχόν ρωγμές	Πολύ χαμηλές απαιτήσεις σε συντήρηση
Βιομηχανικές πιέσεις	Αφαλάτωση και απομάκρυνση λάσπης από το νερό που κυκλοφορεί	Αφαλάτωση και απομάκρυνση λάσπης από το νερό που κυκλοφορεί	Λόγω του χαμηλού σημείου ανάφλεξης οι απώλειες από διαρροή του εργαζόμενου ρευστού πρέπει να αποφευχθούν πλήρως	Χαμηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου λόγω καύσης βιομάζας	Χαμηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου όταν έχουμε καύση βιομάζας	Αφαλάτωση και απομάκρυνση λάσπης από το νερό που κυκλοφορεί
Αποδοτικότητα	Κακή λειτουργία σε μερικά φορτία	Καλή εφαρμογή μερικών φορτίων	Καλή εφαρμογή μερικών φορτίων	-	Μεγάλες θερμικές καταπονήσεις στον εναλλάκτη θερμότητας	Καλή εφαρμογή μερικών φορτίων
Μέγεθος στάθμης	1 MWel	500KWel	500KWel	~500-1500 KWel	~250-500KWel	~500-700 KWel
Κόστος επένδυσης	~1500 Ευρώ/ KWel	~1500 Ευρώ/ KWel	2300 Ευρώ/ KWel	3600 Ευρώ/ KWel	~3900 Ευρώ/ KWel	~1800 Ευρώ/ KWel
Κόστος λειτουργίας	0.007 Ευρώ/ KWel	0.007-0.011 Ευρώ/ KWel	~0.007 Ευρώ/ KWel	Άγνωστο	Άγνωστο	0.004-0.007 Ευρώ/ KWel
Παραγωγική απόδοση	10-20%	6-20%	10-20%	~22%	~30%(με έγχυση ατμού)	10-15%
Θερμική απόδοση	70-85%	~80-90%	~85%	~75	~80%	~90%
Επιπέδωση	Έτοιμο για την αγορά	Έτοιμο για την αγορά	Έτοιμο για την αγορά	Αρχικό στάδιο	Στάδιο επίδειξης	Στάδιο επίδειξης
Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του ελαστικού	Σε δύο χρόνια	Σε τρία χρόνια	Σε τρία χρόνια	Σε τρία χρόνια	Σε τρία χρόνια	Σε δύο χρόνια
Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του μεταλλικού	Σε τρία χρόνια	Σε δύο χρόνια	Σε δύο χρόνια	Σε τρία χρόνια	Σε τρία χρόνια	Σε τρία χρόνια

Σημείωση: Με πορτοκαλί φόντο παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων για συγκεκριμένη ισχύ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### **ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Το περιεχόμενο του συγκεκριμένου κεφαλαίου αναφέρεται στην νομοθεσία, τα οικονομικά κίνητρα και τις τάσεις που υπάρχουν στη χώρα μας για την ανάπτυξη της ενεργειακής αξιοποίησης της ξυλείας, ειδικά στον τομέα της συμπαραγωγής.

#### **7.1 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ Σ.Η.Θ. ΚΑΙ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Πρέπει να τονιστεί ότι ο κύριος πολιτικός στόχος στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της πρόσφατης περιόδου είναι η ενεργειακή ασφάλεια, που επιτυγχάνεται και μέσω της ανάπτυξης των εγχώριων πηγών ενέργειας και μέσω της διαφοροποίησης των προμηθειών. Οι σημαντικότεροι πολιτικοί στόχοι ήταν: εισαγωγή του φυσικού αερίου και της ενθάρρυνσης της ανάπτυξης της ανεξάρτητης παραγωγής ισχύος που βασίζεται μεταξύ των άλλων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Σε εκείνο το πλαίσιο, διάφορα νομοθετικά μέτρα έχουν καθορίσει ένα πλαίσιο για τις επενδύσεις στη συμπαραγωγή και την ενεργειακή αξιοποίηση την βιομάζας(ξυλεία).

##### **7.1.1 ΝΟΜΟΣ 2244/94**

Το σημαντικότερο κύριο σημείο για να καθορίσει λεπτομερώς ένα νομικό πλαίσιο για τη συμπαραγωγή στην Ελλάδα ήταν ο νόμος 2244/94, με τον τίτλο "κανονισμός των ζητημάτων σχετικά με την ηλεκτρική παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και άλλα συμβατικά καύσιμα " που τέθηκαν σε ισχύ τον Οκτώβριο του 1994.

Αυτός ο νόμος διάκρινε τους αυτοπαραγωγούς και τους ανεξάρτητους παραγωγούς, ως εξής:

##### Καθεστώς για τους αυτοπαραγωγούς

Ο νόμος επέτρεψε την εγκατάσταση των εργοστασίων συμπαραγωγής από τους αυτοπαραγωγούς, αυτόνομα ή συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ. Ο νόμος έδωσε επίσης τον ορισμό της συμπαραγωγής, ως ταυτόχρονη παραγωγή ή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης ή/ και ψύξης, όπου επιτρέπονται τρεις τύποι καυσίμων:

- Συμβατικά καύσιμα
- Ανάκτηση της θερμότητας που αποβάλλεται
- Μη τοξικά και περιβαλλοντικά ασφαλή υποπροϊόντα βιομηχανικών διεργασιών.

Για τα συμβατικά καύσιμα, η εγκατεστημένη ισχύς του εργοστασίου δεν μπορεί να υπερβαίνει το θερμικό ή ψυκτικό φορτίο του αυτοπαραγωγού. Στις δύο άλλες περιπτώσεις, δεν υπάρχει κανένα όριο στην ισχύ του εργοστασίου. Ο νόμος διευκρινίζει τη δομή του τιμολογίου κοινής ωφελείας για την ηλεκτρική ενέργεια που αγοράζεται ή που πωλείται από συμπαραγωγούς.



Η δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) υποχρεώθηκε από το νόμο να αγοράζει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας όταν αυτή προέρχεται από συστήματα συμπαραγωγής. Αυτός ο νόμος απαγορεύει τους αυτοπαραγωγούς να πωλήσουν ηλεκτρική ενέργεια σε τρίτους. Η ΔΕΗ έχει μόνο το δικαίωμα να αγοράσει την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο μιας συμφωνίας μεταξύ της ΔΕΗ και του αυτοπαραγωγού. Η πρόσθετη αξία στήριξης για αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι βασισμένη στο τιμολόγιο πώλησης της ΔΕΗ και εκφράζεται ως ποσοστό της τιμής πώλησης της ΔΕΗ. Αυτό το ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 60% και 70% της τιμής πώλησης.

#### Καθεστώς για τους ανεξάρτητους παραγωγούς ισχύος

Ο νόμος επιτρέπει την εγκατάσταση συμπαραγωγής από ανεξάρτητους αυτοπαραγωγούς ισχύος που πωλούν ολόκληρη την παραγωγή τους και δεν έχουν καμία δική τους κατανάλωση. Η ΔΕΗ είναι ο μόνος αγοραστής σε αυτήν την περίπτωση και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αντιστραφεί αυτό. Το μόνο καύσιμο που επιτρέπεται για τους ανεξάρτητους παραγωγούς είναι το φυσικό αέριο και η ισχύς του εργοστασίου Σ.Η.Θ. δεν μπορεί να υπερβεί το ποσό των θερμικών φορτίων των επιχειρήσεων που τροφοδοτούνται με θερμότητα από τον ανεξάρτητο παραγωγό.

Το ενεργειακό κόστος της τιμής στην οποία οι ανεξάρτητοι παραγωγοί πωλούν την ηλεκτρική ενέργεια στη ΔΕΗ είναι 70% του υπάρχοντος τιμολογίου κοινής ωφελείας για χαμηλή -, μέση - ή υψηλή - ηλεκτρική τάση αντίστοιχα, ενώ η συνιστώσα της εγκατεστημένης ισχύος είναι ίση με 50% του αντίστοιχου τιμολογίου κοινής ωφελείας.

Η εγκατάσταση εργοστασίων συμπαραγωγής είναι βασισμένη σε μια συμφωνία μεταξύ της ΔΕΗ και της "κοινοπραξίας". Μια "κοινοπραξία" μπορεί να αποτελείται από τον διαχειριστή του εργοστασίου, τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας που θα τροφοδοτηθούν από το εργοστάσιο, ή/ και άλλους επενδυτές στο εγχείρημα της επιχείρησης ή αυτούς που από κοινού τους ανήκει το εργοστάσιο. Η κοινοπραξία αναλαμβάνει να εφοδιάσει τη ΔΕΗ με ένα εγγυημένο ποσό ισχύος και οι εγκαταστάσεις έχουν την άδεια για να παρέχουν άλλα μέλη της κοινοπραξίας αλλά όχι σε συμβαλλόμενα μέρη εκτός από την κοινοπραξία. Η εγκατεστημένη ισχύς του εργοστασίου διευκρινίζεται στη συμφωνία αλλά απαιτείται ταξινόμηση των εγκαταστάσεων για να εξασφαλίσουν μια γενική ελάχιστη απόδοση της τάξης του 65%.

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που πωλείται στη ΔΕΗ καθορίζεται στη σύμβαση, αλλά πρέπει να απεικονίσει το κόστος των καυσίμων, και άλλα λειτουργικά έξοδα, και θα έχει και το ποσοστό του κόστους ενέργειας και εγκαταστημένης ισχύος. Πρέπει επίσης να αντανakλά τις κύριες δαπάνες των εγκαταστάσεων και να αποδίδει απόσβεση συν ένα εύλογο κέρδος για την κοινοπραξία. Σύμφωνα με ένα υπουργικό διάταγμα για ένα σύστημα που θεωρείται ως σύστημα Σ.Η.Θ., πρέπει να ικανοποιηθούν οι ακόλουθες απαιτήσεις όσον αφορά την αποδοτικότητά της:

1. Η ονομαστική συνολική αποδοτικότητα του συστήματος πρέπει να είναι ίση με τουλάχιστον 65%,
2. Η συνολική λειτουργούσα αποδοτικότητα που αναφέρεται σε μια περίοδο ενός μήνα πρέπει να είναι ίση με τουλάχιστον 60%,

### 7.1.2 ΝΟΜΟΣ 2773/99

Ο νόμος για την ενέργεια **2773/99** που αντικατέστησε το νόμο 2244/94 εστίασε στο νομικό πλαίσιο για την άρση των ελέγχων αγοράς και άνοιξε την αγορά επίσημα, ως συμμόρφωση στην οδηγία 96/92 της Ε.Ε.. Η αγορά αποτελείται από περίπου 6500 επιλέξιμους καταναλωτές μέσης ή υψηλής τάσης, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια και από άλλους παραγωγούς, σε συνδυασμό με τη ΔΕΗ. Με βάση αυτόν τον νόμο έχουν οργανωθεί η ανεξάρτητη ρυθμιστική αρχή ενέργειας Ρ.Α.Ε. και ο ανεξάρτητος διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Τα κύρια σημεία του νόμου 2773/99 που τέθηκαν σε ισχύ από 19.2.2001, όσον αφορά τη συμπαραγωγή είναι τα ακόλουθα:

- Όμοια με τις διατάξεις του νόμου 2244/94, η συμπαραγωγή επιτρέπεται στους αυτοπαραγωγούς και τους ανεξάρτητους παραγωγούς ισχύος.
- Δεν υπάρχει καμία σύνδεση μεταξύ του θερμικού φορτίου της επιχείρησης και του μεγέθους του εργοστασίου συμπαραγωγής, αλλά εάν η συμπαραγωγή δεν πραγματοποιείται αποκλειστικά από Α.Π.Ε., θα πρέπει η γενική ετήσια συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων Σ.Η.Θ. να είναι τουλάχιστον 65%. Σε εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής, το ελάχιστο είναι 75%. Στην περίπτωση των αυτοπαραγωγών του τριτογενούς τομέα, η ελάχιστη γενική απόδοση πρέπει να είναι τουλάχιστον 60%.
- Ο διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.) είναι υποχρεωμένος να δώσει προτεραιότητα σχετικά με την κατανομή φορτίων στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας συμπαραγωγής μέχρι 35 MWe εάν χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα. Δεν υπάρχει κανένα χρονικό όριο για αυτό το σύστημα.
- Το δικαίωμα προτεραιότητας για την περίσσεια ισχύος από συμπαραγωγή των αυτοπαραγωγών ισχύει για τις εγκαταστάσεις μέχρι 50 MWe.
- Στα μη-διασυνδεδεμένα νησιά, η ΔΕΗ, ως διαχειριστής του δικτύου διανομής, είναι υποχρεωμένη να απορροφήσει την περίσσεια ισχύος από συμπαραγωγή των αυτοπαραγωγών.
- Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με συμπαραγωγή από Α.Π.Ε. χρεώνεται κατά 90% της τιμής του παρόντος τιμολογίου με βάση την ενέργεια και 50% της τιμής του παρόντος τιμολογίου με βάση την ισχύ.
- Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη συμπαραγωγή (συμβατικά καύσιμα) χρεώνεται κατά 70% της τιμής του παρόντος τιμολογίου για την ενέργεια και 50% της τιμής του παρόντος τιμολογίου για την ισχύ.
- Η περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με συμπαραγωγή, από τους αυτοπαραγωγούς, χρεώνεται κατά 60% της τιμής του παρόντος τιμολογίου για την ενέργεια.

Ο νέος νόμος είναι ελαφρώς καλύτερος για τη συμπαραγωγή από τον προηγούμενο. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο περιορισμοί στον παλαιό νόμο, οι οποίοι τώρα έχουν αφαιρεθεί: τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τη συμπαραγωγή, και η αναλογία θερμότητας ισχύος, η οποία έπρεπε προηγουμένως να μην είναι χαμηλότερη της μονάδας. Αντ' αυτού, απαιτείται μια ελάχιστη συνολική ετήσια απόδοση, η οποία είναι μια λογικότερη απαίτηση (οι τιμές είναι 65% για το βιομηχανικό τομέα και 60% για τον τριτογενή τομέα).

### 7.1.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΙΝΗΤΡΑ - ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Οι επενδυτές που επιθυμούν να αναπτύξουν τη συμπαραγωγή, αναζητούν τα κίνητρα που θα εξασφαλίσουν ότι η επένδυσή τους θα προσφέρει ένα σταθερό εισόδημα, με μια ικανοποιητική αποπληρωμή. Επομένως ψάχνουν τους οικονομικούς μηχανισμούς για να αντισταθμίσουν ένα μέρος των κύριων δαπανών.

Σε αυτό το πλαίσιο, η χρηματοδότηση στις εγκαταστάσεις συμπαραγωγής έχει παρασχεθεί, στη δεκαετία του '90, υπό μορφή επιχορηγήσεων για τις επενδύσεις, μέσω των εθνικών και ευρωπαϊκών προγραμμάτων. Το μεγαλύτερο μερίδιο της κρατικής ενίσχυσης έχει προέλθει από το Υπουργείο Ανάπτυξης και τα επιχειρησιακά προγράμματά του:

#### Επιχειρησιακό πρόγραμμα για την ενέργεια

Το επιχειρησιακό πρόγραμμα για την ενέργεια (Ε.Π.Ε.) του Υπουργείου Ανάπτυξης άρχισε να εφαρμόζεται τον Ιανουάριο του 1994 και παρέμεινε σε ισχύ μέχρι το τέλος 2001. Αυτό το πρόγραμμα παρείχε τις επιχορηγήσεις για τις επενδύσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ορθολογική χρήση ενέργειας. Το πρόγραμμα είχε έναν συνολικό προϋπολογισμό 1,1 δισεκατομμυρίων €, από τα οποία το 33,8% προήλθε από το κοινοτικό πλαίσιο στήριξης της ΕΕ (1ο και 2ο), το 39,6% από τη δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), το 21% από τις ιδιωτικές συνεισφορές και το 5,6% από κρατικές συνεισφορές. Τα ποσά επιχορηγήσεων ήταν μέχρι 45% για τις επενδύσεις ενεργειακής αποδοτικότητας (35% για τη συμπαραγωγή) και 55% για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο προϋπολογισμός έχει χρησιμοποιηθεί για τα προγράμματα στις ακόλουθες πέντε κατηγορίες:

- Αύξηση της εγκαταστημένης ηλεκτρικής ισχύος (τρία προγράμματα της ΔΕΗ με έναν συνολικό προϋπολογισμό 561 εκατομμύρια €).
- Προγράμματα ιδιωτικής επένδυσης για εξοικονόμηση ενέργειας και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας –συμπεριλαμβανόμενης και της Σ.Η.Θ. (332 επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 477 εκατομμύρια€).
- Ενίσχυση της ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμπεριλαμβανομένων των μελετών για το αιολικό δυναμικό και προγράμματα επίδειξη, (23 επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 20 εκατομμύρια €).
- Ενίσχυση της εκμετάλλευσης των εγχώριων πηγών ενέργειας συμπεριλαμβανομένου του λιγνίτη και της γεωθερμικής ενέργειας (48 επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 24 εκατομμύρια €).
- Ανάπτυξη του εθνικού συστήματος πληροφοριών και άλλων προγραμμάτων για να υποστηριχθεί η ενεργειακή πολιτική (δέκα επενδύσεις με έναν συνολικό προϋπολογισμό 2,9 εκατομμύρια €).

Στα πλαίσια του Ε.Π.Ε., 22 νέα συστήματα συμπαραγωγής έχουν εγκριθεί για οικονομική ενίσχυση, με επιχορήγηση 35% της επένδυσης για συστήματα συμπαραγωγής με συμβατικά καύσιμα και 45% για συστήματα βιομάζας.

Επιχειρησιακό πρόγραμμα "ανταγωνιστικότητα"

Η ελληνική ενεργειακή πολιτική εφαρμόζεται αυτήν την περίοδο μέσω του επιχειρησιακού προγράμματος ανταγωνιστικότητας στα πλαίσια του τρίτου Κ.Π.Σ.. Αυτό το επιχειρησιακό πρόγραμμα τονίζει την ανάγκη για την ελληνική οικονομία να κατευθύνει και να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητά του σε ένα κλίμα σημαντικών οικονομικών και τεχνολογικών εξελίξεων. Το επιχειρησιακό πρόγραμμα για την ανταγωνιστικότητα είναι αρμοδιότητα του Υπουργείου Ανάπτυξης για την περίοδο από το 2000 έως το 2006 και η εφαρμογή του προγράμματος αφορά ολόκληρη τη χώρα. Το πρόγραμμα θα καλύψει, εκτός από την ενέργεια, τον τουρισμό, τη βιομηχανία, την έρευνα και την τεχνολογία, τις Μ.Μ.Ε. και το εμπόριο. Τα συνολικά κεφάλαια για τον τομέα της ενέργειας, σε εκατομμύρια ευρώ, παρουσιάζονται στη συνέχεια, στον **πίνακα 7.1**:

**Πίνακα 7.1:** Συνολικός προϋπολογισμός του Ε.Π.ΑΝ.

Συνολικός προϋπολογισμός	
Κεφάλαια της ΕΕ	1.977 εκατομμύριο ΕΥΡΩ
Δημόσιες (ελληνική κυβέρνηση) δαπάνες	1.240 εκατομμύριο ΕΥΡΩ
Ιδιωτικές δαπάνες	3.175 εκατομμύριο ΕΥΡΩ

Οι προτεραιότητες του προγράμματος στον τομέα της ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

- Ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού,
- Προώθηση της απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και της αειφόρου ανάπτυξη της χώρας,
- Αύξηση του ποσοστού Α.Π.Ε., στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο,
- Βελτίωση του τρέχοντος επιπέδου διείσδυσης των Σ.Η.Θ., στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο,
- Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας,
- Αύξηση της διείσδυσης φυσικού αερίου στο ενεργειακό σύστημα,
- Η συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος, ειδικά στα πλαίσια των διεθνών πρωτοκόλλων, πολιτικών, και συμβάσεων, που υπογράφηκαν από τη χώρα,
- Διαφοροποίηση πηγών και προέλευσης ενεργειακού εφοδιασμού,
- Υποστήριξη στην αειφόρο ανάπτυξη σε τοπικό και εθνικό επίπεδο,
- Ενίσχυση της νέας απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας και κάποιων ρυθμιστικών και διοικητικών αρχών,
- Αποβολή των προβλημάτων ενεργειακής ανεπάρκειας στα νησιά, σε συνδυασμό με τις ελλείψεις και την επεξεργασία παροχής νερού,
- Περαιτέρω διείσδυση των προγραμμάτων οικονομικής ενίσχυσης στην αγορά ενέργειας, όπως το τρίτο κοινοτικό πλαίσιο στήριξης και το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα για την Ανταγωνιστικότητα και την Ενέργεια.

Το πρόγραμμα χρηματοδοτεί, με επιχορηγήσεις που αρχίζουν από 35% μέχρι 50%, καλά τεκμηριωμένες προτάσεις που προέρχονται από κρατικά ιδρύματα, ιδιωτικές επιχειρήσεις και επιχειρήσεις τοπικής αυτοδιοίκησης. Προσοχή δίνεται επίσης στα σχέδια υποδομής όπως η διασύνδεση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας με το δίκτυο των νησιών, τη διασύνδεση των νησιών διαφορετικών δικτύων και την ενίσχυση του δικτύου μεταφοράς στα νησιά, για να ενισχύσει κυρίως τα έργα αιολικής και γεωθερμικής ενέργειας. Κάτω από αυτή την πρωτοβουλία οι επενδύσεις Σ.Η.Θ. έχουν δικαίωμα στις επιχορηγήσεις μέχρι 35% των συνολικών δαπανών. Ο ελάχιστος προϋπολογισμός των προγραμμάτων που μπορούν να επιλεγούν για να χρηματοδοτηθούν κάτω από αυτό το σχέδιο είναι 44.000 ευρώ. Σε αυτό το πρόγραμμα, επιλέξιμες είναι οι εγκαταστάσεις Σ.Η.Θ. που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια:

- Από την αποκατάσταση θερμότητας των αποβλήτων
- Από την εκμετάλλευση μη τοξικού και μη-επικίνδυνου βιομηχανικού από τα προϊόντα
- Σε συνδυασμό με την παραγωγή θερμικής ενέργειας και έχει διασφαλίσει την τροφοδοσία της παραχθείσας θερμικής ενέργειας για την κάλυψη των άμεσων θερμικών και έμμεσων ψυκτικών φορτίων. Επιπλέον, εάν τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται δεν είναι αποκλειστικά από το Α.Π.Ε., η αναλογία μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας και του θερμικού φορτίου της εγκατάστασης, και η εφαρμοσμένη τεχνολογία πρέπει να εγγυάται μια συνολική ετήσια αποδοτικότητα (βασισμένη στη ζήτηση ωφέλιμης θερμότητας) 65% και στην περίπτωση συνδυασμένου κύκλου αεριοστροβίλου 75%, ιδιαίτερα για τους αυτοπαραγωγούς του τριτογενούς τομέα το ελάχιστο για την ετήσια αποδοτικότητα είναι 60%.

Ο **πίνακας 7.2** παρουσιάζει το ποσοστό της κρατικής χρηματοδότησης σύμφωνα με την εφαρμοσμένη τεχνολογία. Όπως αναφέρεται, η κρατική χρηματοδότηση περιλαμβάνει δύο τμήματα: συμβολή από το Ευρωπαϊκό Ταμείο για την περιφερειακή ανάπτυξη και τα εθνικά κεφάλαια. Ο **πίνακας 7.3** παρουσιάζει τα επιλέξιμα ανώτερα όρια του προϋπολογισμού των προγραμμάτων για κάθε κατηγορία δαπανών.

**Πίνακας 7.2:** Ποσοστά της δημόσιας συγχρηματοδότησης ανά τύπο επένδυσης

πένδυση	% από τη δημόσια συγχρηματοδότηση
Εξοικονόμηση ενέργειας στις υπάρχουσες επιχειρήσεις	40% (*)
Συμπαγωγή	35%
Αντικατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλων συμβατικών καυσίμων από το φυσικό αέριο και LPG στις υπάρχουσες επιχειρήσεις	30%

(\*) στην περίπτωση που οι επενδύσεις αντιπροσωπεύουν τα νέα συστήματα. Εάν αναφέρονται στην απλή αντικατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού, με σύγχρονο, κατόπιν το ποσοστό της συγχρηματοδότησης μειώνεται σύμφωνα με την προσδοκώμενη ετήσια αποταμίευση.

**Πίνακας 7.3:** Ανώτερα όρια των επιλέξιμων δαπανών ανά κατηγορία δαπανών

A/A	Επιλέξιμες κατηγορίες δαπανών	Ανώτατο όριο
1	Κύριες δαπάνες παροχής, λογισμικού, υλικού, μεταφορών και εγκαταστάσεων εξοπλισμού)	100%
2	Ενεργειακός λογιστικός έλεγχος	2%
3	Αμοιβές συμβούλου	6%
4	Επεμβάσεις στο έδαφος, τα κτήρια και άλλη υποδομή	8%
5	Κατάρτιση στο νέους εξοπλισμό και το λογισμικό	3%
6	Ενοικίαση του βοηθητικού εξοπλισμού και των μετρώντας συσκευών	3%
7	Αμοιβές προσωπικού και άλλες δαπάνες	3%
	Συνολικές επιλέξιμες συνοδευτικές δαπάνες (27)	15%

### 7.1.3.1 Αναπτυξιακός Νόμος

Εναλλακτική οικονομική ενίσχυση έχει εξασφαλιστεί, επίσης, μέσω του αναπτυξιακού νόμου, ο οποίος απορρόφησε τα κεφάλαια από το 2ο κοινοτικό πλαίσιο στήριξης του ταμείου συνοχής. Ο στόχος αυτής της πρωτοβουλίας ήταν να ενισχυθούν οι ιδιωτικές επενδύσεις και να προωθηθεί η περιφερειακή ανάπτυξη. Εντούτοις, πρέπει να σημειωθεί ότι για τον τριτογενή τομέα αυτός ο νόμος καλύπτει μόνο τις μονάδες ξενοδοχείων.

Αυτός ο νόμος παρέχει ένα πλαίσιο δράσης για τη χρηματοδότηση επενδύσεων, μέσω μερικών επιχορηγήσεων για τις δαπάνες επένδυσης, τα επιτόκια δανείων ή leasing ή της εναλλακτικής μερικής χρηματοδότησης μέσω των μειώσεων επιτοκίου και φόρων δανείου. Το ύψος επιχορηγήσεων εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή για τις περισσότερες επενδύσεις ενώ για Σ.Η.Θ. παρέχονται αντίστοιχες επιχορηγήσεις σε ολόκληρη χώρα, σε μια προσπάθεια να διευκολυνθεί η διάδοσή της στην αγορά ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, για τις επενδύσεις στη συμπαραγωγή, το επίπεδο κρατικών επιχορηγήσεων είναι:

- Χρηματοδότηση επένδυσης 40%
- Χρηματοδότηση επιτοκίου 40%
- Χρηματοδότηση leasing 40%

Η εναλλακτικά:

- Μείωση φορολογίας 100%
- Χρηματοδότηση επιτοκίου 40%

Πρέπει να τονιστεί ότι οι περισσότεροι επενδυτές έχουν προτιμήσει τη χαμηλότερη επιχορήγηση από τα επιχειρησιακά προγράμματα επειδή είναι διαθέσιμα στην αρχή του έργου επένδυσης ενώ οι επιχορηγήσεις βάσει του νόμου ανάπτυξης πληρώνονται μόνο μετά την ολοκλήρωση του έργου.

### 7.1.3.2 Άλλοι νόμοι και μέτρα

Εκτός από τους ανωτέρω περιγεγραμμένους ενεργειακούς νόμους, μερικά επιλεγμένα νομικά και φορολογικά όργανα που σχετίζονται με την προώθηση των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας στα κτήρια και τον τριτογενή τομέα αναφέρονται πιο κάτω:

### Νόμος 2364/95

Νόμος 2364/95, ο οποίος κατατέθηκε το 1995, δημιουργώντας ένα πλαίσιο για την εισαγωγή φυσικού αερίου στην ελληνική αγορά ενέργειας. Ο νόμος παρέχει φορολογική απαλλαγή 75% από τις δαπάνες αγοράς και εγκατάστασης για τους τελικούς χρηστές των οικιακών συσκευών ή των συστημάτων που χρησιμοποιούν Α.Π.Ε. ή φυσικό αέριο, επαναφέροντας κατά συνέπεια τις προηγούμενες φορολογικές απαλλαγές για τους χρήστες των συστημάτων ηλιακών συσσωρευτών, οι οποίοι είχαν παραγραφεί.

### Πρόγραμμα δράσης "ενέργεια 2001"

Από το 1995, το Υπουργείο Περιβάλλοντος έχει διαμορφώσει ένα εθνικό πρόγραμμα δράσης για τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και άλλων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το εθνικό πρόγραμμα δράσης που ονομάζεται "ενέργεια 2001" αφορά κύρια μέτρα που λαμβάνονται για να συμμορφωθεί η ελληνική νομοθεσία με την ευρωπαϊκή οδηγία για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω των προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας κτηρίων (οδηγία 93/76/EK SAVE). Αυτή η δράση προετοιμάστηκε από μια μικτή επιστημονική επιτροπή κάτω από το συντονισμό του κέντρου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (CRES) υπό την επίβλεψη του Υπουργείου Περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο αυτού του σχεδίου, προγραμματίζονται τα οικονομικά κίνητρα για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια ενώ η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τονίζεται ως βασική προϋπόθεση για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Στο πλαίσιο του προγράμματος "Ενέργεια 2001", τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί πρόσφατα θα πρέπει να έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τον κώδικα της ορθολογικής χρήσης και της εξοικονόμησης ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), αντικαθιστώντας τους παρόντες κανονισμούς θερμικής μόνωσης. Το πρόγραμμα "Ενέργεια 2001" περιλαμβάνει κύρια μέτρα που λαμβάνονται για να συμμορφωθεί η ελληνική νομοθεσία με την ευρωπαϊκή οδηγία για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω της οικοδόμησης των προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας (93/76/EK). Η ΔΕΗ συμβαδίζει με την εξέλιξη στα ζητήματα περιορισμού εκπομπής του CO<sub>2</sub> προκειμένου να ελεγχθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και συνεργάζεται στενά με το Υπουργείο Ανάπτυξης και το Υπουργείο Περιβάλλοντος.

### Υπουργική απόφαση 21475/4707/98

Ένα πρόγραμμα για την κατασκευή βιώσιμων κτιρίων έχει εγκαινιαστεί μέσω μιας κοινής υπουργικής απόφασης σχετικά με τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των κτηρίων. (21475/4707/98 της 19ης Αυγούστου 1998) (Υπουργείο του Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων/ Υπουργείο Ανάπτυξης /Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας/ Υπουργείο Εσωτερικών). Επιπλέον, προετοιμάζεται ένας κώδικας για την ορθολογική χρήση, συντήρηση και εξοικονόμηση ενέργεια στα κτήρια (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), τα οποία θα αντικαταστήσουν τον ισχύοντα κανονισμό σχετικά με τη θερμική μόνωση των κτηρίων. Συνεπώς, θα καθιερωθούν τα κατώτατα ενεργειακά επίπεδα για τα νέα κτήρια, καθώς επίσης και άλλα μέτρα, όπως οι ενεργειακοί έλεγχοι, ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με την κατανάλωση ενέργειάς τους κ.λπ.

### Χρηματοδότηση τρίτων

Μέχρι στιγμής, η χρηματοδότηση τρίτων έχει χρησιμοποιηθεί ελάχιστα στον ελληνικό τομέα της ενέργειας και μόνο στον ιδιωτικό χώρο. Συνεπώς, μόνο ένας μικρός αριθμός έργων έχει πραγματοποιηθεί σε ιδιωτικά νοσοκομεία, παρά τους ευνοϊκότερους όρους χρηματοδότησης που προσφέρονται από τα επιχειρησιακά προγράμματα.

### Ενεργειακά πιστοποιητικά

Από το 2000, τα νέα δημόσια κτήρια (2004 για όλα τα δημόσια κτήρια συμπεριλαμβανομένων των υπαρχόντων) απαιτούνται να έχουν ένα ενεργειακό πιστοποιητικό, δηλ. μια κάρτα ενεργειακής ταυτότητας, που δηλώνει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου βασισμένη σε έναν ενεργειακό έλεγχο. Το κόστος αυτού του μέτρου υπολογίζεται σε 1.130 Μ€ μέχρι το 2010, ενώ η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται σε 0,14 MTOE/ έτος και η μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> 0,53 AM/έτος, στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Πρόταση για τη μεθοδολογία και τις διαδικασίες για τα ενεργειακά πιστοποιητικά έχει εκπονηθεί στο πλαίσιο του έργου SAVE II της ΕΕ. Το σύστημα πιστοποιητικών θα προωθηθεί μαζί με την εισαγωγή του νέου ενεργειακού κώδικα οικοδόμησης.

### **7.1.3.3 Περιβαλλοντική νομοθεσία**

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων είναι κυρίως αρμόδιο για τη λήψη των αποφάσεων σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. Εντούτοις, κάποιες αρμοδιότητες για τις πολιτικές που είναι σχετικές με το περιβάλλον μεταβιβάζονται στις περιφερειακές και τοπικές αυτοδιοικήσεις. Τα νομαρχιακά διαμερίσματα και οι δήμοι μπορούν να πάρουν τις αποφάσεις σχετικά με τα εδάφη τους, σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία. Μετά από τη διοικητική μεταρρύθμιση του 1997, η συμμετοχή των περιφερειακών και τοπικών αυτοδιοικήσεων στην διαμόρφωση πολιτικής έχει αυξηθεί. Στο πλαίσιο της έγκρισης του νόμου 1650/86 "για την προστασία του περιβάλλοντος", η νομοθεσία έχει τεθεί σε ισχύ για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα οχήματα, τα συστήματα θέρμανσης των κτηρίων, τις βιομηχανίες και άλλες ρυπογόνες δραστηριότητες. Ο νόμος 2244/94 σχετικά με την αυτοπαραγωγή, την συμπαραγωγή και τη δημιουργία θυγατρικών επιχειρήσεων της δημόσιας επιχείρησης ηλεκτρισμού τέθηκε σε ισχύ για την προστασία της ατμόσφαιρας. Η Ελλάδα έχει ενσωματώσει επίσης στην εθνική της νομοθεσία πολλές οδηγίες της ΕΕ σχετικά με την προστασία της ατμόσφαιρας (οδηγία 88/609/ΕΚ της ΕΕ, οδηγία 92/72/ΕΚ της ΕΕ, οδηγία 96/62/ΕΚ της ΕΕ, οδηγία 99/30/ΕΚ κορών της ΕΕ και οδηγία 96/61/ΕΚ πλαισίων της ΕΕ).



**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

Όσον αφορά την χρήση της απορριπτόμενης ξυλείας ως καύσιμο, αυτή ρυθμίζεται από την ΚΥΑ 11535/93: «Επιτρεπόμενα είδη καυσίμων στις βιομηχανικές, βιοτεχνικές και συναφείς εγκαταστάσεις στους αποτεφρωτήρες νοσηλευτικών μονάδων και μέτρα για τις ανοικτές εστίες καύσης». (ΦΕΚ 328B/6-5-93). Σύμφωνα με την παραπάνω ΚΥΑ, τα επιτρεπόμενα είδη καυσίμων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις καύσης είναι τα εξής : ντίζελ, μαζούτ, υγραέριο μίγμα, φωταέριο και φυσικό αέριο των εκάστοτε νόμιμων τύπων και προδιαγραφών. Η χρήση οιοδήποτε άλλου καυσίμου θα εξετάζεται κατά περίπτωση, μετά από υποβολή σχετικής Τεχνικής Έκθεσης, το περιεχόμενο της οποίας καθορίζεται στην εν λόγω ΚΥΑ. Η Τεχνική Έκθεση υποβάλλεται στο ΥΠΕΧΩΔΕ και περιλαμβάνει: συνοπτική διαδικασία της παραγωγικής διαδικασίας, χαρακτηριστικά καύσης, εκπομπές, συστήματα αντιρρύπανσης καθώς και τα χαρακτηριστικά του καυσίμου (μέση θερμογόνο δύναμη, περιεχόμενο θείου, ποσοστό σε τέφρα, σημείο ανάφλεξης, ποσοστό πτητικών καθώς και είδη και ποσότητες τοξικών ενώσεων ή βαρέων μετάλλων που περιέχονται στο καύσιμο). Η εν λόγω Τεχνική Έκθεση δεν απαιτείται στις περιπτώσεις που το θέμα του καυσίμου καλύπτεται από την υποβαλλόμενη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

## **7.2. ΕΜΠΟΔΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΞΥΛΕΙΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ**

Παρά τις πρόσφατες πρωτοβουλίες και τις νομικές διατάξεις, υπάρχει ακόμα ένα πλήθος από εμπόδια που καθυστερούν την ανάπτυξη των συστημάτων Σ.Η.Θ. από βιομάζα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα εμπόδια που καθυστερούν τη διεύθυνση της συμπαραγωγής στον τριτογενή τομέα και αναλύονται ταξινομημένα τα προβλήματα ανάπτυξης της ενεργειακής αξιοποίησης της ξυλείας στους εξής τομείς: τεχνικό, οικονομικό, θεσμικό και οργανωτικό πλαίσιο, και άλλα εμπόδια.

### **7.2.1 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ - ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ**

#### **7.2.1.1 Διοικητικά εμπόδια**

Στην ελληνική αγορά, η διαδικασία για την τελική άδεια για την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός συστήματος συμπαραγωγής από βιομάζα είναι γραφειοκρατική και μακρόχρονη. Στην πράξη απαιτούνται μεγάλες χρονικές περίοδοι μέχρι να γίνουν οι εγκρίσεις από τις αρχές χρηματοδότησης και άλλων Υπουργείων ώστε να δοθούν οι σχετικές άδειες, ενώ ένας εκτεταμένος αριθμός αδειών απαιτείται για τις εγκαταστάσεις Σ.Η.Θ., που, σε περίπτωση μικρών περιοχών, αποθαρρύνει τους επενδυτές, και δημιουργεί τις πρόσθετες δαπάνες. Ο μεγάλος αριθμός των εμπλεκόμενων, συμπεριλαμβανομένων των Υπουργείων, των νομαρχιακών διαμερισμάτων, της ΔΕΗ κ.α. εκτός από τις καθυστερήσεις στη διαδικασία έγκρισης, δημιουργεί συχνά σύγχυση, δεδομένου ότι δεν είναι όλες τους πλήρως ενθαρρυντικές στη συμπαραγωγή ή δεν καταλαβαίνουν τη σημασία της. Ως συνέχεια στα προαναφερθέντα, η διαδικασία σχετικά με τη διασύνδεση δικτύου διανομής τηλεθέρμανσης είναι ένα πρόβλημα, ιδιαίτερα στις απομακρυσμένες περιοχές.

Επιπλέον, υπάρχει ελλιπής νομοθεσία για τον προσδιορισμό της διαχείρισης του ξύλου ως καύσιμο σε μεγάλη έκταση.

### 7.2.1.2 Έλλειψη ευρείας στρατηγικής

Παράλληλα με την ανεπαρκή προώθηση από το κράτος των οφελών της Σ.Η.Θ. υπάρχει έλλειψη μιας συστηματικής στρατηγικής για τη διείσδυσή τους στην ελληνική αγορά και αδιαφορία από μέρους για να γίνουν κρατικές επενδύσεις σε συστήματα Σ.Η.Θ. από βιομάζα.

### 7.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ

Παρά την νομοθεσία και τα ενισχυτικά οικονομικά προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας και της ξυλείας πιο συγκεκριμένα, παραμένουν απροσπέλαστα κάποια οικονομικά εμπόδια. Το υψηλό αρχικό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός εργοστασίου Σ.Θ.Η από ξυλεία, τα υψηλά επιτόκια, η έλλειψη ρίσκου από πλευράς εταιρειών και η μεγάλη περίοδος αποπληρωμής της είναι τέτοιου είδους εμπόδια. Επιπλέον, επικρατεί κλίμα ανωριμότητας στην αγορά, η οποία προτιμά να επενδύσει σε ενεργειακές πηγές που γνωρίζει, ενώ παράλληλα είναι δύσκολο να προσδιορίσει συγκεκριμένη τιμή για τα ξυλοκαύσιμα.

### 7.2.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ

#### 7.2.3.1 Διαθεσιμότητα καυσίμων

Μεταξύ των τεχνικών εμποδίων ο σημαντικότερος είναι η έλλειψη υποδομής και πιο συγκεκριμένα η περιορισμένη διαθεσιμότητα ξυλείας για ενεργειακή χρήση. Δεν υφίστανται κανονικά σχέδια παραγωγής της ξυλείας και οι πτωχές συλλογές, αποθήκευσης και χειρισμού της ως καύσιμο δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς στην Ελλάδα. Αυτή η μορφή παρουσιάζει μακροπρόθεσμη αργή πτώση, που ακολουθεί τις αντίστοιχες κοινωνικοοικονομικές αλλαγές στις αγροτικές περιοχές.

Αυτό ακολουθείται σε σχέση με τη χρήση των υπολειμμάτων αγροτικών βιομηχανιών - όπως το πυρηνέλαιο, τα απόβλητα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, υπολείμματα επεξεργασίας φρούτων, κ.λπ.— κυρίως για την παραγωγή θερμότητας διαδικασίας στις αγροτικές βιομηχανίες και βιοτεχνίες που βασίζονται στη χρησιμοποίηση των αποβλήτων και των υπολειμμάτων τους. Αφ' ετέρου, η επιλογή της ηλεκτρικής ενέργειας από βιοκαύσιμα μόλις που αρχίζει να εξετάζεται από τις ελληνικές επιχειρήσεις.

Η μορφή βιοκαυσίμων που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα είναι κατά 95% στερεά, χωρίς να έχει προηγηθεί καθαρισμός ή αναβάθμισή της. Ο μόνος τύπος βιοκαυσίμου με χρηστική αξία είναι τι βιοαέριο. Σε αντίθεση με τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, η παραγόμενη βιομάζα δασικής προέλευσης δεν αντιπροσωπεύει τον κυρίαρχο τύπο στερεών βιοκαυσίμων στην χρήση βιοενέργειας για συμπαραγωγή στην Ελλάδα. Όπως μπορούμε να δούμε εύκολα στον **πίνακα 7.4**, στην κατά προσέγγιση κατηγοριοποίηση της ελληνικής βιοενέργειας, αυτή είναι βασισμένη σε πηγές που προέρχονται από την γεωργία.

**Πίνακας 7.4:** Βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα σε ποσοστά επί της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας

ΤΥΠΟΣ	%	ΚΤ.Ι.Π.	ΤΑΣΗ
Ξυλοκαύσιμο δασικής προέλευσης	40	400	-
Ξυλοκαύσιμο ενεργειακής καλλιέργειας	30	300	+
Υπολείμματα αγροτικών βιομηχανιών	20	200	++
Κάρβουνο δασικής προέλευσης	3	30	--
Κάρβουνο αγροτικής προέλευσης	3	30	--
Άλλα(βιοαέριο)	4	40	+
Σύνολο	100	1000	+/-

Επιπλέον, το φυσικό αέριο μόλις πρόσφατα εισήχθη στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και υπάρχουν σχέδια για μια δραστική επέκταση των δικτύων χαμηλής πίεσης στις σημαντικότερες αστικές περιοχές (π.χ. στην Αττική από 1000 χλμ του τρέχοντος δικτύου στο appr. 5000 χλμ). Η επιχείρηση αερίου, Δ.Ε.Π.Α και οι πρόσφατα ιδρυμένες επιχειρήσεις παροχής αερίου για τις τέσσερις κύριες πόλεις της Ελλάδας, προωθούν βαθμιαία τα Σ.Η.Θ. που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο μέσω της αναθεώρησης των τιμολογίων τους, γεγονός που αφήνει πίσω την αξιοποίηση της ξυλείας για τηλεθέρμανση.

### 7.2.3.2 Τεχνολογία

Οι τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας βρίσκονται σε στάδιο εξέλιξης, εκτός ίσως από την άμεση καύση της. Αυτό το γεγονός, μαζί με τις λειτουργικές δυσκολίες που παρατηρούνται λόγω ανόργανων συστατικών της ξυλείας, όπως η απομάκρυνση της σκόνης και η έλλειψη επαρκούς τεχνικής υποστήριξης αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες ανάπτυξης για το ξύλο.

## 7.2.4 ΑΛΛΑ ΕΜΠΟΔΙΑ

### 7.2.4.1 Κλιματολογικοί όροι

Αυτή η παράμετρος εν τούτοις που είναι άσχετη με τις συνθήκες στην αγορά, επηρεάζει σημαντικά την πραγματική διείσδυση της Σ.Η.Θ. στην Ελλάδα. Η χώρα έχει τη μικρή χειμερινή περίοδο και μεγάλη διακύμανση θερμοκρασίας (διαφορά μεταξύ των ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών σε ετήσια βάση), γεγονός που περιορίζει την ανάπτυξη συστημάτων αξιοποίησης ξυλείας για τηλεθέρμανση

### 7.2.4.2 Έλλειψη ωριμότητας της ελληνικής αγοράς

Η ελληνική αγορά είναι ακόμα ανώριμη να υποστηρίξει άμεσα και έμμεσα επενδύσεις στη Σ.Η.Θ. Πιο συγκεκριμένα, οι τεχνολογίες συμπαραγωγής είναι ακόμα άγνωστες κατά μεγάλο βαθμό στους περισσότερους τελικούς χρήστες, υπάρχει έλλειψη επιτυχών μελετών σε εθνική βάση, ιδιαίτερα σχετικά με τις εφαρμογές στον τριτογενή τομέα. Η έλλειψη πληροφοριών σε συνδυασμό με την ασθενή περιβαλλοντική συνείδηση των καταναλωτών, περιορίζει ακόμη πιο πολύ την χρήση των στερεών καυσίμων ξυλείας.

Ο ακόλουθος πίνακας 7.5 συνοψίζει τα υπάρχοντα εμπόδια για τη διείσδυση των τεχνολογιών συμπαραγωγής στην Ελλάδα.

Πίνακας 7.5: Εμπόδια για την ανάπτυξη των τεχνολογιών Σ.Η.Θ. στη χώρα μας

Είναι ένα εμπόδιο;	Ναι	Όχι
Τιμές καυσίμων (F)	X	
Κύριο κόστος (κόστος της αγοράς) (F)	X	
Διαθεσιμότητα κύριο (F)		X
Χαμηλή προτεραιότητα σχετικών με την ενέργεια προγραμμάτων (F)	X	
Περίοδος επιστροφής (F)	X	
Τρέχουσες δαπάνες (F)		X
Έλλειψη κινήτρων (F)		X
Τα χαμηλά τιμολόγια για το πλεόνασμα της ηλεκτρική ενέργεια που πωλήθηκε στο δίκτυο (F)	X	
Υψηλά τιμολόγια για την εφεδρική ισχύ/ συνοδευτικές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος στις εγκαταστάσεις Σ.Θ.Η (F)	X	
Διαθεσιμότητα καυσίμων (T)	X	
Κανονισμοί εκπομπών (T)		X
Τοπική ικανότητα κατασκευής (T)		X
Επίπεδο συνειδητοποίησης (O)	X	
Ρυθμίσεις έγκρισης και χορήγησης αδειών (I)	X	
Έλλειψη μιας εθνικής στρατηγικής στο CHP (I)	X	
Κλιματολογικοί όροι (I)	X	
Άλλοι		

Φ - οικονομικά εμπόδια, T - τεχνικά εμπόδια, I - θεσμικά οργανωτικά εμπόδια, O - άλλο

### 7.3 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΞΥΛΕΙΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Από την άποψη της ανάλυσης ευαισθησίας των συστημάτων Σ.Η.Θ. από βιομάζα, σημαντική προοπτική στην ανάπτυξή τους δίνει το γεγονός ότι η ποιότητα των τεχνολογιών Σ.Η.Θ. επιτρέπει την εναλλαγή καυσίμων, από τον άνθρακα, το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο στο ξύλο, στα υπάρχοντα συστήματα Σ.Η.Θ. Επιπλέον, καλές προοπτικές ενεργειακής αξιοποίησης του ξύλου δίνει το νομικό πλαίσιο που προωθεί τα Σ.Η.Θ. και τη χρήση βιομάζας. Επίσης η υψηλή δυνατότητα των Σ.Η.Θ. ξυλείας από την άποψη της συμβολής στους στόχους Α.Π.Ε. θεωρείται συνήθως ως πρόσθετη βάση ανάπτυξης της ξυλείας για παραγωγή ενέργειας.

Οι αδυναμίες ανάπτυξης της περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τα παρόντα κεντρικά συστήματα ενεργειακής παραγωγής και τις υψηλότερες δαπάνες των συστημάτων Σ.Η.Θ. από ξυλεία έναντι συμβατικών καυσίμων. Άλλες κοινές αδυναμίες είναι η αβέβαιη προοπτική στην ανάπτυξη αγοράς Σ.Η.Θ., η ανώριμη αγορά ξυλείας ειδικά στον εφοδιασμό καυσίμων, η έλλειψη αποδοτικών δικτύων διανομής, και η ισχυρή θέση των ορυκτών καυσίμων.

Στο μέλλον, οι Α.Π.Ε. θα προωθηθούν σε μεγαλύτερο βαθμό από την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία, ενώ η τιμή του φυσικού αερίου είναι πιθανό να αυξηθεί, συνεπώς θα ισχυροποιηθεί ο ρόλος της ξυλείας για παραγωγή ενέργειας στην χώρα μας. Επιπλέον, υπάρχουν τεχνολογίες Σ.Θ.Η για βιομάζα σε πολλές κατηγορίες που ποικίλλουν από μικρής έως μεγάλης κλίμακας παραγωγή και μπορούν να καταλάβουν μάλλον ισχυρή θέση στη βιομηχανία Σ.Η.Θ., ενώ δίνουν ευκαιρίες για τη μετάβαση των καυσίμων από τα ορυκτά καύσιμα στη βιομάζα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιγραμματικά τα σημεία προωθούν ή εμποδίζουν την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας για συμπαραγωγή:

**ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ:**

- Οι τεχνολογίες Σ.Η.Θ. επιτρέπουν την αλλαγή καυσίμων από τον άνθρακα, το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο στη βιομάζα στα υπάρχοντα συστήματα
- Το νομικό πλαίσιο που υπάρχει προωθεί τη Σ.Η.Θ. και τη χρήση βιομάζας
- Υψηλή δυνατότητα της Σ.Η.Θ. από βιομάζα από την άποψη της συμβολής στους στόχους των ΑΠΕ
- Η Σ.Η.Θ. έχει παρελθόν στον Ελλαδικό χώρο και μπορεί να αναπτυχθεί.

**ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ:**

- Η εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία προάγουν τις Α.Π.Ε. και θα τις προωθούν συνεχώς
- Η τιμή του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνουν συνεχώς
- Οι πολλές κατηγορίες τεχνολογιών Σ.Η.Θ. από βιομάζα που ποικίλλουν από την παραγωγή σε μικρή έως τη μεγάλη κλίμακα
- Μια μάλλον ισχυρή θέση της βιομηχανικής Σ.Θ.Η που δίνει δυνατότητες εναλλαγής των καυσίμων, προωθεί τη χρήση συστημάτων Σ.Η.Θ. με βιομάζα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΞΥΛΕΙΑ**

#### **8.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Μια εγκατάσταση συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας της τάξης των 10MW με έδρα τη Γερμανία, πραγματοποίησε μετρήσεις των εκπομπών της. Η εγκατάσταση αυτή ονομάζεται HEW elbstrom Aschersleben και χρησιμοποιεί ως καύσιμο απορριπτόμενη ξυλεία.

Τα στοιχεία αυτή της εγκατάστασης φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

I. Είσοδος						
Είσοδος/ αποθήκη						
Είσοδος καυσίμου						
	Τύπος ενέργειας από ξυλεία	Ετήσια κατανάλωση		Απόσταση παράδοσης		
	απορριπτόμενη ξυλεία	30000	τ/έτος	100-200	km	
Τύπος αποθήκης						
αποθήκη με στέγη/ χωρίς τοίχους		Χώρος αποθήκης			3000	m <sup>2</sup>
		Μέσος χρόνος αποθήκευσης			5	ημέρες
		Χωρητικότητα αποθήκης			3000	τόνοι
		% χωρητικότητας αποθήκης			10	%
		(Αναφορά σε ετήσια κατανάλωση)				
Ερωτήσεις για την αποθήκευση του καυσίμου.						
Προκαλεί η άμεση καύση προβλήματα στο απόθεμα?						
	ναι	όχι				
Πραγματοποιείται οποιαδήποτε αποσύνθεση των υλικών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης?						
	ναι	όχι				
Η σκόνη του ξύλου προκαλεί προβλήματα στην αποθήκευση?						
	ναι	όχι				
Υπάρχουν προβλήματα δυσοσμίας κατά την αποθήκευση του καυσίμου?						
	ναι	όχι				
Η δημιουργία μυκήτων προκαλεί πρόβλημα?						
	ναι	όχι				
Προδιαγραφές που αφορούν την κατάσταση του παραδοτέου καυσίμου						
	μέσο μέγεθος σωματιδίων:	80	mm			
	μέγιστο μέγεθος σωματιδίων:	150	mm			
	φάσμα σωματιδίων από:	0	mm	ως:	120	mm
	κλάσμα σκόνης:	5	Ma%	(κατά προσέγγιση)		
	υγρασία καυσίμου εισαγωγής:	12	Ma%			

				II. Ανάλυση καυσίμου		
Όρια απορριπτόμενης ξυλείας						
Όρια φυσικής ξυλείας						
προσεγγιστική ανάλυση			στοιχειακή ανάλυση			
υγρασία	Ma. % (roh)	15.00		C	Ma. % (w.a.f.)	52.00
τέφρα	Ma. % (roh)	5.00		H	Ma. % (w.a.f.)	5.00
πηκτικά	Ma. % (roh)	41.60		O	Ma. % (w.a.f.)	22.00
άνθρακας	Ma. % (roh)	10.40		N	Ma. % (w.a.f.)	1.00
				S	Ma. % (w.a.f.)	0.00
				Cl	Ma. % (w.a.f.)	
κατώτερη θερμογόνος δύναμη		12	Mj/kg	F	Ma. % (w.a.f.)	



III. Στοιχεία εγκατάστασης					
Πόσοι ξέχωροι λέβητες ίδιας κατασκευής είναι εγκατεστημένοι?					
1	2	3	4	5	
Δυνατότητες καύσης (μια μονάδα καύσης)					
θερμική ισχύς				9.5	MW
τεχνολογία καύσης				σε εσχάρα	
κλίση εσχάρας				15	°
μήκος εσχάρας				4200	mm
πλάτος εσχάρας				3880	mm
αριθμός ζωνών				2	
λόγος αέρα λ				2.3	
Λέβητας (ένας)					
θερμική ισχύς				9.3	MW
εργαζόμενο μέσο				ατμός	
τύπος λέβητα				λέβητας με σωλήνα ύδατος	
τύπος κυκλοφορίας				φυσική κυκλοφορία	
κατασκευαστής λέβητα				Müller KG Neumark	
Παράμετροι ατμού					
θερμοκρασία				240	°C
ανώτατη πίεση λειτουργίας				12.5	bar
θερμοκρασία νερού τροφοδοσίας				105	°C
ανώτατη πίεση νερού τροφοδοσίας				15	bar
μέση θερμοκρασία συμπίκνωσης				80	°C
ανώτατη πίεση συμπίκνωσης				0	bar
ποσοστό ατμού (σταθερό κανονικό φορτίο)				10	τόνοι/ώρα
Σύνολο εγκατάστασης					
μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου				45000	τόνοι/έτος
ώρες λειτουργίας				5500	ώρες/έτος
εγκατεστημένη θερμική παραγωγή				28.5	MW
Υπάρχει εγκατεστημένη συμπαραγωγή?					
	ναι	όχι			
εγκατεστημένη ηλεκτρική παραγωγή				2.7	MW
τύπος κατασκευής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:				Στρόβιλος απομάστευσης	
κατασκευαστής της εγκατάστασης ηλεκτρικής παραγωγής				KK&K AG Frankenthal	
Χρησιμοποιείται η παραγόμενη ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης?					
	ναι	όχι			
Είδος επένδυσης					
νέα κατασκευή		ανακατασκευή		μη εφαρμογή	
κόστος επένδυσης για όλη την εγκατάσταση				7,5	ευρώ

Προδιαγραφές που αφορούν την επεξεργασία των απαερίων				
<b>Προσθήκη στον θάλαμο καύσης</b>				
ναι	όχι			
<b>Διαχωριστής αδρανούς δύναμης</b>				
ναι	όχι			
Τι είδους:	κυκλώνας			
<b>Διαχωρισμός λεπτής σκόνης</b>				
ναι	όχι			
Τι είδους:	σακκόφιλτρα			
<b>τύπος υλικού φίλτρου</b>				
teflon PTFE				
<b>προσθήκη (κατερχόμενης ροής)</b>				
ναι	όχι			
	κιμωλία			
	δόση:		10	kg/ώρα
<b>ρυθμιστική προσθήκη</b>				
ναι	όχι			
<b>προσθήκη ανακυκλοφορίας</b>				
ναι	όχι			
<b>ρύθμιση ανακυκλοφορίας</b>				
ναι	όχι			

		IV. Απώλειες			
Ανάλυση απωλειών					
		έτος		2004	
<b>χημικές απώλειες που προκαλούνται από την ατελή καύση</b>					
<i>υπολογισμός με τη θερμογόνο δύναμη του CO</i>					
μέσος όρος εκπομπών CO				200	mg/Nm <sup>3</sup>
όγκος ξηρών απαερίων				11.89	Nm <sup>3</sup> /kg
απώλεια που προκαλείται από άκαυστα απαέρια				0.25	%
<i>υπολογισμός με CH<sub>4</sub>-Heizwert</i>					
εκπομπές C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>				2	mg/Nm <sup>3</sup>
μέσος όρος εκπομπών CO				11.89	Nm <sup>3</sup> /kg
αναλογική απώλεια θερμότητας				0.01	%
απώλεια που προκαλείται από άκαυστα απαέρια				0.26	%
<b>θερμικές απώλειες που προκαλούνται από αισθητή θερμότητα στα απαέρια</b>					
<i>σύνθεση απαερίων</i>					
CO <sub>2</sub>				7.68	%
O <sub>2</sub>				11.28	%
N <sub>2</sub>				75.13	%
H <sub>2</sub> O				5.91	%
μέση ειδική θερμική ισχύς απαερίων				1.36	Kj/Nm <sup>3</sup> K
θερμοκρασία περιβάλλοντος (μέσος όρος έτους)				14	°C
μέση θερμοκρασία απαερίων μετά την θέρμανση				200	°C
ειδικός όγκος απαερίων				12.64	Nm <sup>3</sup> /kg
μέση ροή απαερίων				18.98	Nm <sup>3</sup> /s
απώλεια θερμότητας				4.79	MW
απώλειες απαερίων				26.57	%
<b>απώλειες από καύσιμα υλικά στην τέφρα</b>					
ποσό ιπτάμενης τέφρας				700	τόνοι/έτος
ποσό τέφρας στον πυθμένα				900	τόνοι/έτος
Σύνολο				1600	τόνοι/έτος
άνθρακας στην ιπτάμενη τέφρα (ανάλυση)				5	Ma. %
άνθρακας στην τέφρα του πυθμένα (ανάλυση)				1	Ma. %
περιεχόμενη τέφρα στο εισαγόμενο υλικό				5	Ma. %
υπολογισμένη περιεχόμενη τέφρα (χωρίς άκαυστα υλικά)				1500	τόνοι/έτος
άκαυστα υλικά στην ιπτάμενη τέφρα				75	τόνοι/έτος
άκαυστα υλικά στην τέφρα του πυθμένα				15	τόνοι/έτος
άθροισμα αυτών				1590	τόνοι/έτος
σύνολο άκαυστων υλικών				90	τόνοι/έτος
απώλεια ενέργειας από τα άκαυστα υλικά				0.05	MW
απώλειες από τα καύσιμα υλικά τη τέφρας				0.3	%

<b>απώλειες θερμότητας από συναγωγή</b>				
επιφάνεια ή χωρητικότητα λέβητα			572	m <sup>2</sup>
μέση θερμοκρασία επιφάνειας			45	°C
μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος			20	°C
απώλειες θερμότητας από συναγωγή			0.05	MW
απώλειες από μεταφορά			0.29	%
<b>Απόδοση καύσης</b>			72.59	%

V. Βοηθητικοί οδηγοί			
<b>Βοηθητικοί οδηγοί ενεργειακή κατανάλωση</b>			
έτος	2004		
<b>απελευθέρωση καυσίμου από την αποθήκη</b>			
<b>Πώς μεταφέρεται το καύσιμο από την αποθήκη στις εγκαταστάσεις καύσης?</b>			
κυλιόμενος διάδρομος/ υδραυλική μονάδα			
μέγιστη ηλεκτρική ισχύς		3.5	kW
συντελεστής ισχύος (0...1)		0.5	
ηλεκτρική ισχύς		1.75	kW
ροή καυσίμου		25	τόνοι/ώρα
ώρες λειτουργίας (υπολογισμός με βάση το συνολικό ποσό καυσίμου)		1200	ώρες/έτος
<b>μεταφορά καυσίμου</b>			
<b>Πώς μεταφέρεται το καύσιμο στον λέβητα?</b>			
με:			μέγιστη ηλεκτρική ισχύς
μεταφορέας troughed αλυσίδας		4.5	kW
μεταφορά με ζώνες		3	kW
μεταφορά με ζώνες		3	kW
μέγιστη ηλεκτρική ισχύς		10.5	kW
συντελεστής ισχύος (0...1)		0.8	
ηλεκτρική ισχύς		8.4	kW
ροή καυσίμου		25	τόνοι/ώρα
ώρες λειτουργίας (υπολογισμός με βάση το συνολικό ποσό καυσίμου)		1200	ώρες/έτος
<b>τροφοδοσία καυσίμου στον λέβητα</b>			
Τροφοδότης συμπίεσης/ υδραυλική μονάδα			
μέγιστη ηλεκτρική ισχύς		7.5	kW
συντελεστής ισχύος (0...1)		0.8	
ηλεκτρική ισχύς		6	kW
ροή καυσίμου		5.4	τόνοι/ώρα
ώρες λειτουργίας (υπολογισμός με βάση το συνολικό ποσό καυσίμου)		5556	ώρες/έτος
<b>βοηθητικές μονάδες για την καύση</b>			
οδηγός εσχάρας/ υδραυλική μονάδα			
		3	kW
κύριος ανεμιστήρας			
		15	kW
δευτεύων ανεμιστήρας			
		7.5	kW
ανεμιστήρας ανακυκλοφορίας απαιριών			
		5	kW
ανεμιστήρας λέβητα			
		55	kW
μέγιστη ηλεκτρική ισχύς		256.5	kW
συντελεστής ισχύος (0...1)		0.8	
ηλεκτρική ισχύς		205.2	kW

οδηγοί αντλίας						
αντλίες τροφοδοσίας ύδατος						
τρόπος χειρισμού:	ηλεκτρικός και με ατμό					
			οδηγοί αντλίας			
ηλεκτρική ισχύς	3.5	kW		σύνολο:	3.5	kW
<b>ψύξη με συμπύκνωση</b>						
ψύξη με αέρα (εξαναγκασμένη ψύξη)						
ηλεκτρική ισχύς από καυσαέρια				15	kW	
συντελεστής φορτίου (0... 1)				0.5	kW	
ηλεκτρική ισχύς				7.5	kW	
πίεση συμπύκνωσης				0.175	bar	
<b>βοηθητικοί οδηγοί επεξεργασίας καυσίμου</b>						
σακκάφιλτρο/ συμπιεστής				30	kW	
μονάδα μεταφοράς τέφρας				5	kW	
πνευματικός μεταφορέας/ φυσούνα				1.5	kW	
υδραντλία ψύξης				1.5	kW	
ηλεκτροστατικό φίλτρο				1	kW	
ανεμιστήρας				90	kW	
συνολική ηλεκτρική ισχύς				129	kW	
συντελεστής φορτίου (0... 1)				0.5		
ηλεκτρική ισχύς				64.5	kW	
<b>Βοηθητικοί οδηγοί ηλεκτρικής παραγωγής- Σύνολο:</b>				<b>289</b>	<b>kW</b>	

				VI.		
				Παραγωγή		
έτος					2004	
	μέση ροή καυσίμου ανά έτος				1.5	kg/s
	μέση θερμική ισχύς ανά έτος				18.02	MW
	απόδοση καύσης				72.59	%
	παραγωγή χρήσιμης θερμικής ισχύος (μέση ετήσια)				13.08	MW
	ετήσιο ποσό χρήσιμης θερμικής ισχύος				72589	MWh/έτος
	ποσό παρεχόμενης θερμικής ενέργειας				26.514	MWh/έτος
	ποσό παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας				2.993	MWh/έτος
	θερμότητα (μέση ετήσια)				4.78	MW
	ηλεκτρική ενέργεια (μέση ετήσια)				0.54	MW
	εγκατεστημένη θερμική ισχύς				28.5	MW
	εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς				2.7	MW
	συντελεστής ισχύος παραγωγής θερμότητας				16.76	%
	συντελεστής ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας				19.97	%
	παραγωγή ατμού (μέση ετήσια)				5.03	τόνοι/ώρα
	θερμική ισχύς για προθέρμανση νερού τροφοδοσίας				0.21	MW
	τεχνική θερμική κατανάλωση στο απόθεμα νερού τροφοδοσίας				1140	MWh/έτος
	τεχνική θερμική κατανάλωση στην υδραντλία τροφοδοσίας				555	MWh/έτος
	μέση μηχανική απόδοση της ενεργειακής μετατροπής				80	%
	μέση απόδοση γεννήτριας				98	%
	απόδοση ενεργειακής μετατροπής				78.4	%
	θερμική ισχύς για παραγωγή ηλεκτρισμού				0.96	MW
	κατανάλωση θερμότητας για παραγωγή ηλεκτρισμού				5340	MWh/έτος
	μέση ίδια κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος				0.45	MW
	υπολογισμένη αξία				0.29	MW
	ίδια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας				4456	MWh/έτος
	ίδια κατανάλωση θερμικής ισχύος (συμπεριλαμβ. ξήρανση καυσίμου)				0.1	MW
	ίδια κατανάλωση θερμικής ενέργειας				555	MWh/έτος
	απώλειες από τη μεταφορά θερμότητας (ισχύς)				0.05	MW
	απώλειες από τη μεταφορά θερμότητας				277.5	MWh/έτος
	απώλειες από τη διανομή θερμότητας (ισχύς)				1.2	MW
	απώλειες από τη διανομή θερμότητας στο τοπικό σύστημα θέρμανσης				6660	MWh/έτος
	ποσό συμπυκνωμένης θερμότητας				27903	MWh/έτος
	συμπύκνωση θερμικής ισχύος				4.88	MW
	απώλειες από την συμπύκνωση (αφορά την χρήσιμη θερμότητα)				37.32	%
	απώλειες από την συμπύκνωση (αφορά την θερμική ισχύ)				27.09	%

				VII.		
				Εκπομπές		
τιμές εκπομπών (μέσες ετήσιες)						
ροή απαερίων (μέση ετήσια)				68323	Nm <sup>3</sup> /h	
άθροισμα				68323	Nm <sup>3</sup> /h	
ροή ξηρού απαερίων (ετήσια μέση)				64287	Nm <sup>3</sup> /h	
οξυγόνο (υπολογισμένη τιμή)				11.99	όγκος %	
ροή εκπομπών οξυγόνου				7706	Nm <sup>3</sup> /h	
ετήσιο ποσό εκπομπών οξυγόνου				61118	τόνοι/έτος	
διοξειδίο του άνθρακα (υπολογισμένη τιμή)				8.16	όγκος %	
ροή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα				5247	Nm <sup>3</sup> /h	
ετήσιο ποσό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα				56813	τόνοι/έτος	
άζωτο (υπολογισμένη τιμή)				79.85	όγκος %	
ροή εκπομπών αζώτου				51334	Nm <sup>3</sup> /h	
ετήσιο ποσό εκπομπών αζώτου				356272	τόνοι/έτος	
ατμός/ υδρατμός (υπολογισμένη τιμή)				5.91	όγκος %	
ροή εκπομπών ατμού/ υδρατμού				4036	Nm <sup>3</sup> /h	
ετήσιο ποσό εκπομπών ατμού/ υδρατμού				17203	τόνοι/έτος	
διοξειδίο του θείου (υπολογισμένη τιμή)				0	όγκος %	
διοξειδίο του θείου (τιμή μέτρησης)				30	mg/Nm <sup>3</sup>	
διοξειδίο του θείου (επανυπολογισμένη τιμή)				0	όγκος %	
ροή εκπομπών διοξειδίου του θείου				0	Nm <sup>3</sup> /h	
ετήσιο ποσό εκπομπών διοξειδίου του θείου				0	τόνοι/έτος	
μονοξειδίο του άνθρακα (τιμή μέτρησης)				200	mg/Nm <sup>3</sup> RG tr	
ετήσιο ποσό εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα				71	τόνοι/έτος	
μονοξειδίο του αζώτου (τιμή μέτρησης)				300	mg/Nm <sup>3</sup> RG tr	
ετήσιο ποσό εκπομπών μονοξειδίου του αζώτου				107	τόνοι/έτος	
υδρογονάνθρακες (τιμή μέτρησης)				2	mg/Nm <sup>3</sup> RG tr	
ετήσιο ποσό εκπομπών υδρογονανθράκων				0.71	τόνοι/έτος	
υδροχλώριο (τιμή μέτρησης)				10	mg/Nm <sup>3</sup>	
ετήσιο ποσό εκπομπών υδροχλωρίου				3.57	τόνοι/έτος	
υδροφθόριο (τιμή μέτρησης)				1	mg/Nm <sup>3</sup>	
ετήσιο ποσό εκπομπών υδροφθορίου				0	τόνοι/έτος	
σκόνη (τιμή μέτρησης σε υγρό απαέριο)				2	mg/Nm <sup>3</sup>	
ποσό άκαυστου υλικού στην ιπτάμενη τέφρα				5	Ma. %	
σκόνη (ετήσιο ποσό)				0.76	τόνοι/έτος	
εκπομπές άκαυστης σκόνης (ετήσιο ποσό)				0.04	τόνοι/έτος	



<b>Όρια εκπομπών</b>					
<b>Όρια θορύβου τοποθεσία</b>					
1. Βιομηχανική περιοχή	2. Βιομηχανική/ εργατική περιοχή			3. Αστική περιοχή	
Περιοχή μικτής χρήσης	5. Οικιστική περιοχή			6. Περιοχή αναψυχής	
<b>Τιμές μέτρησης θορύβου</b>					
τιμή μέτρησης				34.6	db(A)
κατάσταση φορτίου εγκαταστάσεων				100	% (100%=λειτουργία σε πλήρες φορτίο)
απόσταση από την πηγή των εκπομπών				100	m
<b>Υπάρχουν κακοσμίες κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης?</b>					
καμία οσμή	μη αντιληπτή οσμή		αντιληπτή οσμή		ενοχλητική οσμή
<b>Υπάρχει πιθανότητα ατυχημάτων κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης?</b>					
		ναι		όχι	
<b>Υπάρχει πιθανότητα από ένα ατύχημα να προκληθούν εκπομπές που να υπερβαίνουν αυτές υπο κανονική λειτουργία?</b>					
		ναι		όχι	

		VIII. Υπολείμματα		
<i>στερεά υπολείμματα</i>				
<b>τέφρα</b>				
ποσό τέφρας στον πυθμένα			900	τόνοι/έτος
κλάσμα άκαυστου υλικού στην τέφρα του πυθμένα			1	Ma. %
ποσό άκαυστου υλικού στην τέφρα του πυθμένα			9	Ma. %
ποσό ιπτάμενης τέφρας			700	τόνοι/έτος
κλάσμα άκαυστου υλικού στην ιπτάμενη τέφρα			5	Ma. %
ποσό άκαυστου υλικού στην ιπτάμενη τέφρα			35	τόνοι/έτος
αδρανή υπολείμματα			1556	τόνοι/έτος
ανθρακούχα υπολείμματα			44	τόνοι/έτος
<i>ρευστά υπολείμματα</i>				
κατανάλωση νερού			24000	m <sup>3</sup> /έτος
κλάσμα κανονικού και νερού της βροχής			5000	m <sup>3</sup> /έτος
όγκος απορριπτόμενου νερού			4800	m <sup>3</sup> /έτος
απώλειες από την εξάτμιση από ψύξη (συστολή)			15000	m <sup>3</sup> /έτος
απώλειες τροφοδοσίας, εξάτμισης, εξαερίωση			4200	m <sup>3</sup> /έτος
ποσό χρησιμοποιημένου/ απορριπτόμενου ελαίου (έλαιο στροβίλου, υδραυλικό έλαιο, λιπαντικό)			1200	λίτρα/έτος

		Υπολογισμός καύσης		
σταθερές	$M_C$		kg/kmol	12
	$M_O$		kg/kmol	16
	$M_H$		kg/kmol	1
	$M_S$		kg/kmol	32
	$M_N$		kg/kmol	14
	$M_{H_2O}$		kg/kmol	18
	$V_{m_{O_2}}$		$m^3_N/kmol$	22.4
	$V_{m_{N_2}}$		$m^3_N/kmol$	22.4
	$V_{m_{CO_2}}$		$m^3_N/kmol$	22.4
	$V_{m_{SO_2}}$		$m^3_N/kmol$	22.4
	$V_{m_{H_2O}}$		$m^3_N/kmol$	22.4
C	$r_C$		kg/kg <sub>BR</sub>	0.52
H	$r_H$		kg/kg <sub>BR</sub>	0.05
O	$r_O$		kg/kg <sub>BR</sub>	0.22
N	$r_N$		kg/kg <sub>BR</sub>	0.01
S	$r_S$		kg/kg <sub>BR</sub>	0
Cl	$r_{Cl}$		kg/kg <sub>BR</sub>	0
F	$r_F$		kg/kg <sub>BR</sub>	0
περιεχόμενη τέφρα		$r_A$	kg/kg <sub>BR</sub>	0.05
υγρασία		$r_W$	kg/kg <sub>BR</sub>	0.15
λόγος αέρα		$\lambda$		2.3
έλεγχος				1
κατανάλωση αέρα		$O_{2,min}$	$m^3_N O_2/kg_{BR}$	1.097
		$L_{min}$	$m^3_N L/kg_{BR}$	5.222
		$L_{tech}$	$m^3_N L/kg_{BR}$	12.011
κατανάλωση αερίου		$V_{CO_2}$	$m^3_N CO_2/kg_{BR}$	0.971
		$V_{SO_2}$	$m^3_N SO_2/kg_{BR}$	0
		$V_{O_2}$	$m^3_N O_2/kg_{BR}$	1.426
		$V_{N_2}$	$m^3_N N_2/kg_{BR}$	9.497
		$V_{H_2O}$	$m^3_N H_2O/kg_{BR}$	0.747
		$V_{RG,f}$	$m^3_N RG/kg_{BR}$	12.64
		$V_{RG,tr}$	$m^3_N RG/kg_{BR}$	11.893
<i>κατ' όγκο συγκέντρωση απαερίων με υγρασία</i>				
		$Y_{CO_2}$	όγκος -%	7.68
		$Y_{SO_2}$	όγκος -%	0
		$Y_{O_2}$	όγκος -%	11.28
		$Y_{N_2}$	όγκος -%	75.13
		$Y_{H_2O}$	όγκος -%	5.91
<i>κατ' όγκο συγκέντρωση ξηρών απαερίων</i>				
		$Y_{CO_2}$	όγκος -%	8.16
		$Y_{SO_2}$	όγκος -%	0
		$Y_{O_2}$	όγκος -%	11.99
		$Y_{N_2}$	όγκος -%	79.85

Ανάλυση της τέφρας του λέβητα		
L.O.I.	0,73	Ma. %
TOC	470	mg/kg
EOX	1	mg/kg
μόλυβδος	87,3	mg/kg
κάδμιο	2,1	mg/kg
χρώμιο	60,4	mg/kg
χαλκός	128	mg/kg
νικέλιο	10,7	mg/kg
υδράργυρος	0,6	mg/kg
ψευδάργυρος	94	mg/kg
θάλιο	<0,7	mg/kg
αρσένιο	37,3	mg/kg
κυανίδιο	<0,05	mg/kg
βενζο-(Α)-πυρένιο	<0,05	mg/kg
διβενζο-(Α,Η)-ανθρακένιο	<0,05	mg/kg
<b>σύνολο πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>mg/kg</b>

Όρια εκπομπών_ Γερμανία					
Όρια εκπομπών σύμφωνα με το 1. BImSchV					
			τιμές ορίων εκπομπών		
καύσιμο	ονομαστική θερμότητα [KW]	τιμή αναφοράς οξυγόνου [%]	σκόνη [g/Nm <sup>3</sup> ]	CO [g/Nm <sup>3</sup> ]	χρώμα δέσμης απόβλητου αερίου, σε τόνο του γκρί
φυσικό ξύλο	≤50	13	0.15	4	λαμπερό μεταλικό 1
	50-150			2	
	150-500			1	
	>500			0.5	
ξύλο, βαμμένο, επικαλυμμένα, κόντρα πλακέ, σανίδες όπως και τα υπολείμματα τους (με οργανικές αλογονούχες επικαλύψεις και/ή συντηρητικά ξύλου	100	13	0.15	0.8	λαμπερό μεταλικό 1
	100-500			0.5	
	>500			0.3	
άχυρο ή παρόμοια βότανα	≤50	13	0.15	5	λαμπερό μεταλικό 1
	50-100			2	

Όρια εκπομπών για εγκαταστάσεις βιομάζας κατά το TA Luft		
	Τιμές ορίων	παρατηρήσεις
τιμή αναφοράς οξυγόνου [όγκος-%]	11	FWL<2,5 FWL2,5-5MW FWL>5MW bei FWL<2,5MW nur bei Nennlast
σκόνη [mg/Nm <sup>3</sup> ]	100	
	50	
	20	
CO [g/Nm <sup>3</sup> ]	0.15	
οργανικά υλικά [mg/Nm <sup>3</sup> ]	10	
NO <sub>2</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	0.25	καύση σε σταθερή ρευστοποιημένη κλίνη
	0.4	άλλες εγκαταστάσεις (φυσικό ξύλο, άχυρο)
	0.5	
SO <sub>2</sub> [g/Nm <sup>3</sup> ]	2	

Σύνοψη κανονισμών κατά το BImSchG και οι τιμές των ορίων για το μη επεξεργασμένο ξύλο						
				τιμές ορίων εκπομπών		
εφαρμογή εγκατάστασης	διαδικασία αδειοδότησης	σχετικός κανονισμός	τιμή αναφοράς οξυγόνου [%]	σκόνη [g/Nm <sup>3</sup> ]	CO [g/Nm <sup>3</sup> ]	C [g/Nm <sup>3</sup> ]
<b>FWL &lt;1MW</b>	δεν υπόκειται σε έγκριση	1. BImSchG	13			
NWL ≤50 KW				0.15	4	
NWL 50-150 KW				0.15	2	
NWL 150-500 KW				0.15	1	
NWL >500 KW				0.15	0.5	
<b>FWL 1-50 MW</b>	vereinf. Verf. (§ 19 BImSchG)	TA Luft	11			
FWL <5 MW				0.15	0.25	0.5
FWL >5 MW				0.15	0.25	0.5
<b>FWL &gt;50</b>	förm. Verf. (§ 10 BImSchG)	13. BImSchG	κατά το 13. BImSchG			

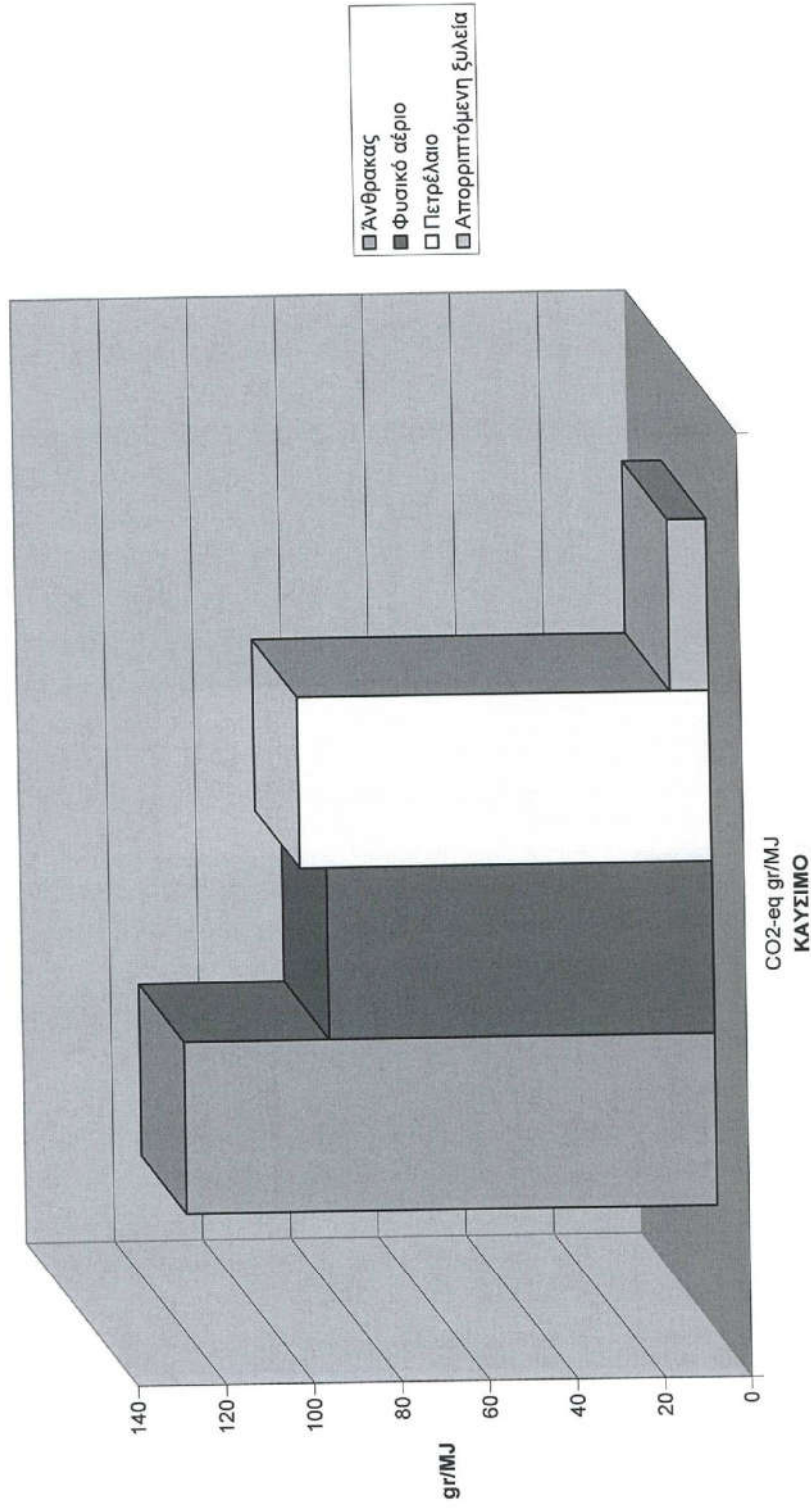
Μια όμοια εγκατάσταση θα μπορούσε να δημιουργηθεί και στην Ελλάδα, π.χ. σε αποκεντρωμένα συστήματα μεσαίας κλίμακας, καθώς όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες, από περιβαλλοντικής άποψης, η εγκατάσταση αυτή θα ήταν προς όφελος της ατμόσφαιρας. Κι αυτό διότι οι εκπομπές της εγκατάστασης είναι κατά πολύ χαμηλότερες από τα αυστηρά γερμανικά όρια εκπομπών, και συνεπώς για την Ελλάδα, της οποίας τα όρια είναι λιγότερο αυστηρά, η εγκατάσταση αυτή θα λειτουργούσε θετικά.

## 8.2 ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Με μια σύγκριση ανάμεσα στην ΣΗΘ από άνθρακα, φυσικό αέριο, πετρέλαιο και απορριπτόμενη ξυλεία, μπορεί να διαφανεί η υπεροχή της ξυλείας, από περιβαλλοντική άποψη.

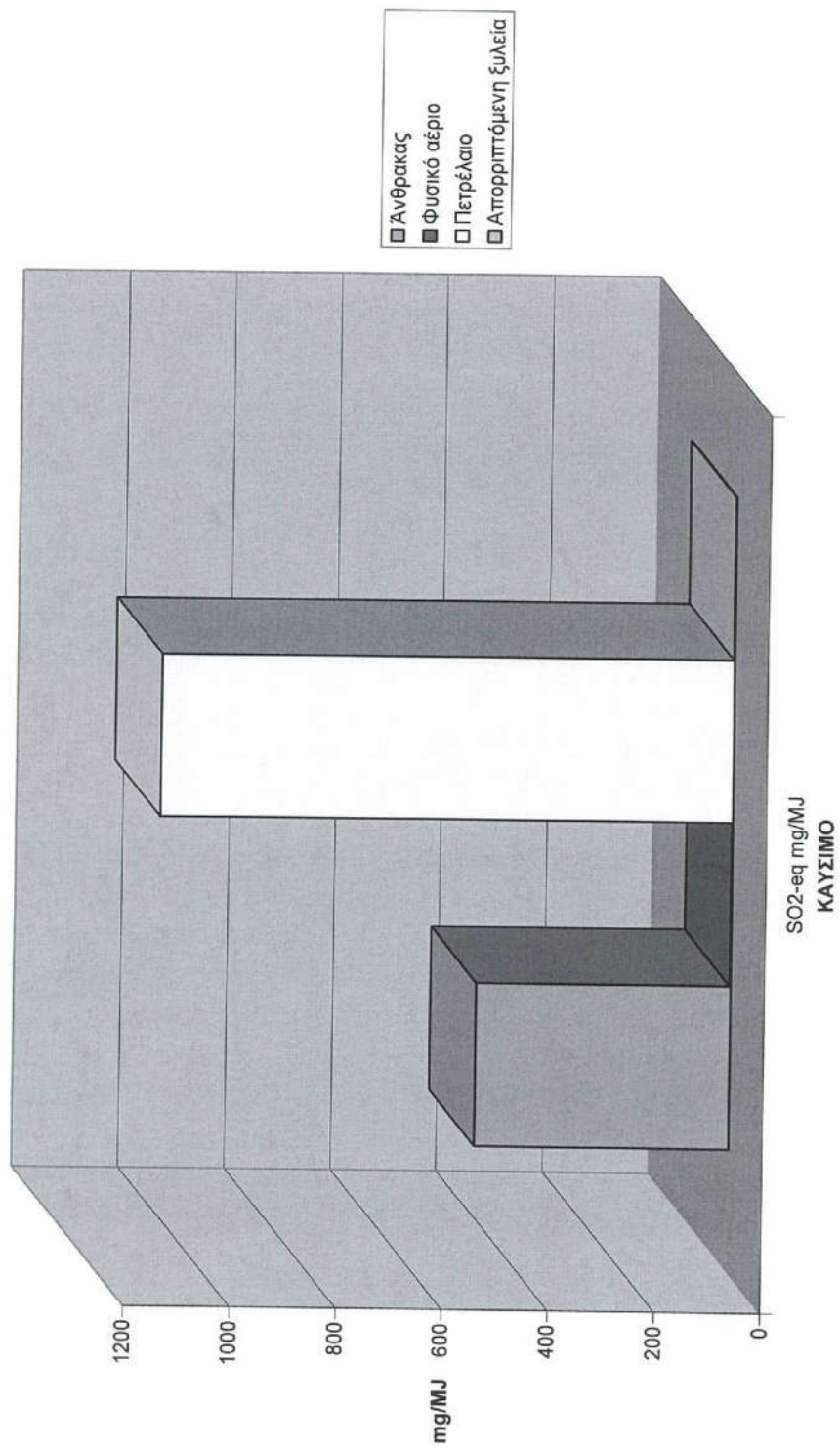
Τα διαγράμματα που ακολουθούν δείχνουν τα ποσοστά των εκπομπών CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> ανά MJ παραγόμενης ενέργειας.

ΠΟΣΟΣΤΟ CO2

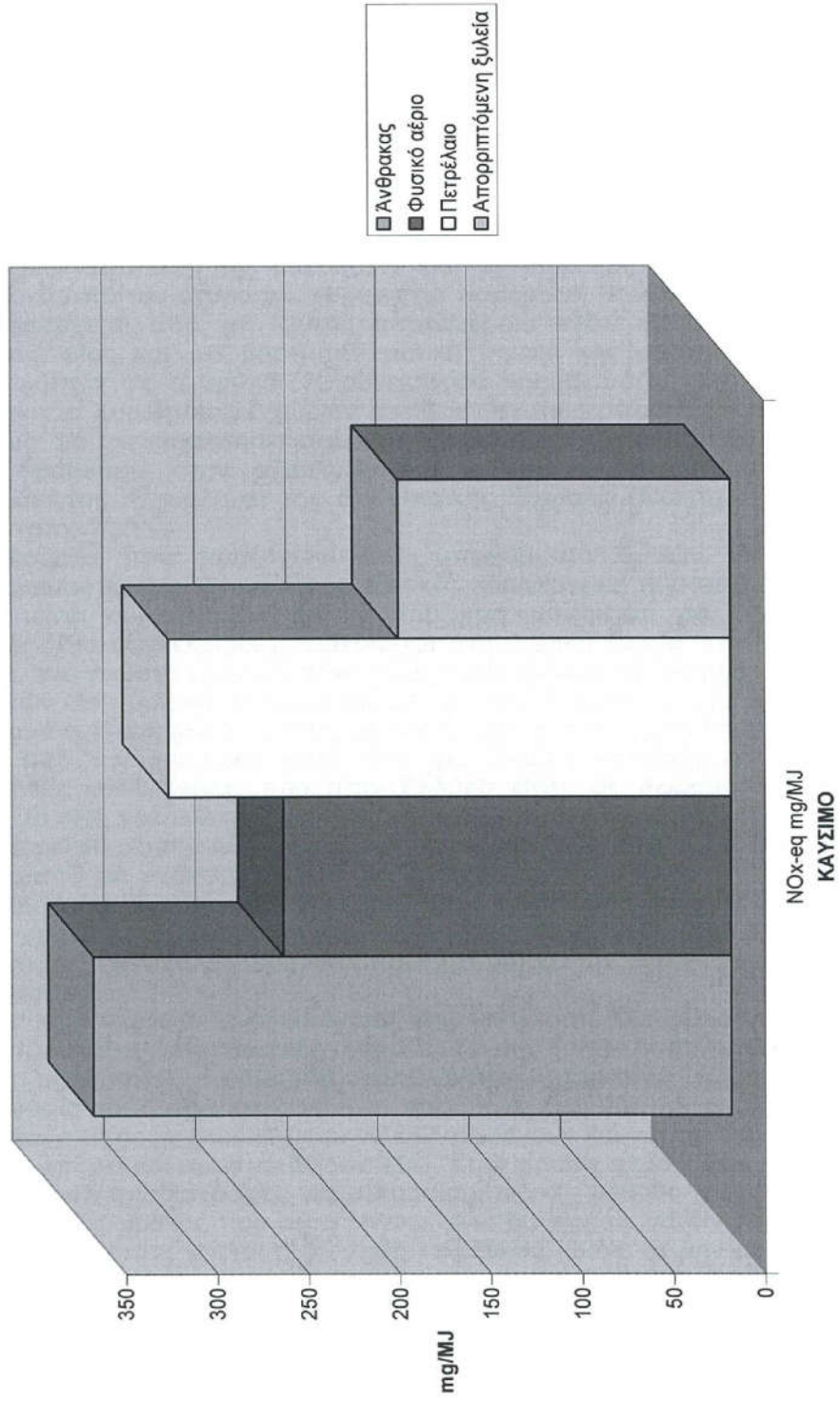




# ΠΟΣΟΣΤΟ SO2



ΠΟΣΟΣΤΟ NOx



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΞΥΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

#### **9.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΞΥΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Το ξύλο αποτελεί την πιο παλιά μορφή βιομάζας που αξιοποιήθηκε ενεργειακά από τον άνθρωπο, κυρίως για παραγωγή θερμότητας. Η βιομάζα που προέρχεται από την ξυλεία αποτελεί μια πολύ ικανοποιητική πηγή ενέργειας, μιας και ,με βάση την τυπική χημική της σύσταση, έχει 50% περιεκτικότητα σε άνθρακα. Η συνεισφορά της βιομάζας στο ενεργειακό ισοζύγιο των ευρωπαϊκών χωρών αποδεικνύει πως μπορεί, αν αξιοποιηθεί επαρκώς, να αντικαταστήσει σημαντικό κομμάτι των συμβατικών καυσίμων και να βοηθήσει στην ανάπτυξη των Α.Π.Ε. και την προστασία του περιβάλλοντος. Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι προς αυτή την κατεύθυνση.

Η βιομάζα που προέρχεται από υπολείμματα δασών, βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου, ενεργειακές δασικές καλλιέργειες ή αστικά απόβλητα ξυλείας είναι ουσιαστικά η ξυλεία που χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνεται στη δασική ξυλεία που μπορεί να είναι τα, πιο γνωστά στον ελλαδικό χώρο, καυσόξυλα, υπολείμματα δασικών υλοτομιών και προϊόντα καθαρισμού δασών, σε απορριπτόμενη, που είναι τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου, αστικά ή υπολείμματα ξύλου έπειτα από την χρησιμοποίησή τους για άλλους σκοπούς και τέλος σε ενεργειακές καλλιέργειες, που στην Ελλάδα είναι, σε πειραματικό στάδιο, κυρίως τα είδη ευκαλύπτου και λεύκας. Το δυναμικό της Ελλάδας σε ξυλεία, που μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς, είναι ικανό να καλύψει αρκετές από τις ανάγκες της χώρας. Στοιχείο που αποθαρρύνει την πλήρη αξιοποίησή του είναι τα πρόσθετα συστατικά της απορριπτόμενης ξυλείας, τα οποία χρειάζονται ιδιαίτερη πολλές φορές επεξεργασία και η ελλιπής τυποποίηση των ξυλοκαυσίμων, που εμποδίζει την καλή εμπορική του συμπεριφορά.

Ο κύκλος ενεργειακής αξιοποίησης της ξυλείας περιλαμβάνει για όλες τις μορφές ξυλείας τις ίδιες βασικές εργασίες. Για την ξυλεία δασικής προέλευσης και για τις δασικές ενεργειακές καλλιέργειες η συλλογή, η μεταφορά, η επεξεργασία και η αποθήκευση είναι παρόμοια, ενώ για την απορριπτόμενη απαιτείται η ύπαρξη εταιριών που να την συλλέγουν και να την διαχειρίζονται, ώστε να μπορεί και αυτή να αξιοποιηθεί. Στην πρώτη περίπτωση, θα πρέπει να υπάρχουν προδιαγραφές για ο καύσιμο, ειδικές μέθοδοι συγκομιδής και συγκεκριμένος χρόνος που αυτή γίνεται, ενώ θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην περιοχή όπου γίνεται η συλλογή του ξύλου, ώστε να μην μολύνεται το περιβάλλον, υλικά ή ηχητικά. Ασφάλεια και υγιεινή θεωρούνται απαραίτητες προϋποθέσεις κατά τη διάρκεια των εργασιών απόκτησης της ξυλείας, ενώ για τη μεταφορά και την αποθήκευση και την επεξεργασία του προϊόντος απαιτούνται ειδικά μηχανήματα και μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι, καθώς και μηχανήματα για την αύξηση του ενεργειακού τους περιεχομένου. Στην Ελλάδα, ωστόσο, ο απαραίτητος εξοπλισμός για την σωστή λειτουργία αυτού

του κύκλου εργασιών είναι πιο «πρωτόγονος», αφού χρησιμοποιούνται λιγότερα μηχανήματα και πιο πολλή χειρονακτική εργασία, ενώ δεν γίνεται ιδιαίτερη προετοιμασία του καυσίμου πριν την ενεργειακή του μετατροπή.

Η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας που είναι περισσότερο γνωστή από τις άλλες είναι η θερμοχημική. Από αυτή μπορεί να προέλθει ηλεκτρισμός, θερμότητα και καύσιμα προϊόντα, ενώ από τη βιοχημική και την φωτοβιολογική, αιθανόλη, μεθάνιο, λίπασμα ή υδρογόνο, αντίστοιχα, καθώς και άλλα ενεργειακά προϊόντα. Θερμοχημικές διεργασίες είναι η καύση, η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η υδρογόνωση, οι οποίες είναι διαδεδομένες σε βαθμό αντίστοιχο με την σειρά που παρουσιάζονται.

Τα συνηθέστερα ενεργειακά προϊόντα του ξύλου είναι η ηλεκτρική και η θερμική ενέργεια, τα οποία μπορούν να προκύψουν «ταυτόχρονα» από την ίδια διαδικασία, που είναι γνωστή με τον όρο συμπαραγωγή και είναι αποτέλεσμα θερμοχημικής διεργασίας. Η άμεση καύση του ξύλου αποτελεί τη διεργασία που είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη για συμπαραγωγή και έχει μελετηθεί εκτενώς εδώ και αρκετές δεκαετίες. Η καύση του ξύλου σε εσχάρα είναι πιο απλή διαδικασία, ενώ σε ρευστοποιημένη κλίνη οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό και χαρακτηριστικά ξυλείας είναι μεγαλύτερες. Η αεριοποίηση είναι σε επίπεδο που χρησιμοποιείται αλλά επιδέχεται μελέτη και βελτίωση των υπάρχοντων τεχνολογιών της. Ο πιο γνωστόι αντιδραστήρες αεριοποίησης είναι κατηγοριοποιημένοι σε αραιής και πυκνής μορφής. Τέλος, η πυρόλυση είναι η λιγότερο αναπτυγμένη διεργασία ενεργειακής μετατροπής της ξυλείας, για την οποία γίνονται διαρκώς νέες μελέτες ανάπτυξής της. Η βραδεία, η συμβατική και η αστραπιαία πυρόλυση είναι οι βασικές παραλλαγές πυρόλυσης και τα άμεσα προϊόντα της είναι συνήθως υγρά. Στην Ελλάδα, οι δύο τελευταίες φυσικοχημικές διεργασίες πραγματοποιούνται σε πειραματικό επίπεδο, ενώ η άμεση καύση της ξυλείας αποτελεί πραγματικότητα.

Η συμπαραγωγή σε συστήματα μέσης ισχύος (αποκεντρωμένα), έπεται από άμεση καύση της ξυλείας έχει αρκετές τεχνολογικές δυνατότητες αξιοποίησης. Ο κύκλος ατμού και η ατμομηχανή είναι οι πιο γνωστές τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της ξυλείας σε θερμότητα και ηλεκτρισμό. Ο οργανικός κύκλος Rankine, ο κύκλος αντίστροφου αεριοστρόβιλου, ο κύκλος στρόβιλου θερμού αέρα και η ατμομηχανή τύπου έλικα είναι λιγότερο διαδεδομένες και εκτός από τον οργανικό κύκλο Rankine, οι άλλες τεχνολογίες βρίσκονται σε πειραματικό επίπεδο. Ο κύκλος ατμοστρόβιλου είναι ο πλέον διαδεδομένος και ιδικά στη χώρα μας, η οποία καθυστερεί συνήθως να γίνει κοινωνός της τεχνολογικής ανάπτυξης αυτού του τομέα.

Η κατάσταση που υπάρχει στην Ελλάδα σε δυναμικό ξυλείας και σε τεχνολογικό επίπεδο απαιτεί την στήριξη της πολιτείας και χρηματοδοτικών κινήτρων για να αξιοποιηθεί πλήρως το ενεργειακό περιεχόμενο της ξυλείας που διαθέτει. Το νομικό πλαίσιο που στηρίζει την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας και την Σ.Θ.Η. καθορίζει τον τρόπο που λειτουργεί η σχετική αγορά ενέργειας, ενώ τα οικονομικά κίνητρα καθορίζουν τη χρηματοδότηση των επιμέρους επενδύσεων. Σε αυτά τα πλαίσια βασίζεται η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας, η πολιτική αύξησης των Α.Π.Ε. και της συμπαραγωγής, καθώς και η αείφορος ανάπτυξη του τόπου. Επιπλέον ενισχύεται η αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας και αποσυμφορίζονται από μόλυνση και πληθυσμό οι παραδοσιακές περιοχές που παράγουν ηλεκτρισμό, ενισχύοντας την ιδέα της αποκεντρωμένης ανάπτυξης της χώρας. Τέλος, δημιουργούνται θέσεις εργασίας και αναπτύσσεται πνεύμα

ανταγωνιστικότητας μεταξύ των επενδυτών, με αποτέλεσμα την βελτίωση των υπαρχόντων συνθηκών που επικρατούν στην αγορά. Ωστόσο, υπάρχει το κατεστημένο των συμβατικών καυσίμων που δύσκολα αποφεύγουν η αγορά και οι καταναλωτές ενέργειας, ενώ η διείσδυση και προώθηση του φυσικού αερίου είναι άκρως ανταγωνιστική για την συμπαραγωγή από ξυλεία, παρά το γεγονός ότι η τελευταία είναι εγχώρια πηγή ενέργειας.

Η ξυλεία διαθέτει τα χαρακτηριστικά εκείνα που την κατατάσσουν σε σημαντική εγχώρια ενεργειακή πηγή. Απόδειξη της θεωρητικής ανάλυσης που κατέλαβε το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας είναι η ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε σε ελληνικό εργοστάσιο επεξεργασίας ξυλείας, το οποίο καίει τα υπολείμματά του για να παράγει θερμότητα και ηλεκτρισμό μέσης ισχύος μέσω κύκλου αμμοστρόβιλου. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αποδεικνύουν την καλή συμπεριφορά του ξύλου ως καύσιμο σε εγκαταστάσεις μετατροπής μέσης ισχύος, εκτός ίσως από τις πρόσθετες επικαθίσεις στον εξοπλισμό του εργοστασίου. Τα συγκρινόμενα καύσιμα παράγουν μεγαλύτερα ποσά ρύπων και αυξάνουν την ενεργειακή εξάρτηση της χώρας. Αρνητικό στην περίπτωση της ξυλείας είναι ότι το καύσιμο δεν έχει σταθερή ποιότητα, γεγονός που μπορεί να κάνει κακό στον καυστήρα.

## **9.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.**

Οι προτάσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας αφορούν κυρίως την ελληνική πολιτεία, η οποία μπορεί να ενισχύσει καθοριστικά το ρόλο της ξυλείας ως πηγή ενέργειας. Στους πρωταρχικούς στόχους της ελληνικής πολιτικής θα πρέπει να περιλαμβάνονται η ανάπτυξη δικτύων για την αποκομιδή και την διαχείριση της καύσιμης ξυλείας, η εκτίμηση των δυνατοτήτων της από έμπειρο επιστημονικό προσωπικό και η τυποποίηση του καυσίμου, ώστε να είναι πιο εύκολη η χρήση του στην ελληνική αγορά. Επιπλέον, αύξηση στην ενεργειακή απόδοση συστημάτων παραγωγής ενέργειας θα μπορούσε να δοθεί με την μικτή καύση της ξυλείας και του λιγνίτη, ενώ παράλληλα θα ενισχυόταν η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας. Η ανάπτυξη σχεδίων παραγωγή και διαχείρισης των ενεργειακών δασικών καλλιεργειών και πιλοτικών εφαρμογών θα μπορούσε να συστηματοποιήσει την ενεργειακή αγορά της ξυλείας και να την κάνει πιο ανταγωνιστική και αποδοτική.

Για μια πιο μακροπρόθεσμη ανάπτυξη της βιοενέργειας από ξυλεία, η ελληνική πολιτική θα πρέπει να κατευθύνει επενδυτές, παραγωγούς και διαχειριστές ξυλείας, επιστημονική κοινότητα και καταναλωτές προς την κατανόηση του ρόλου της ξυλείας στην χώρα μας και να τους δώσει τα κίνητρα για την ισχυροποίησή του. Η πληροφόρηση των τελικών χρηστών για τα οικονομικά οφέλη που μπορούν να έχουν, η εισαγωγή φορολογικών επιστροφών σε όσους χρησιμοποιούν ξυλεία ως βιοενέργεια και ο «πράσινος» φόρος στα συμβατικά καύσιμα μπορούν να ενθαρρύνουν τη χρήση της. Όσο για τους επαγγελματίες που δραστηριοποιούνται στον κύκλο εργασιών που διανύει η ξυλεία μέχρι την ενεργειακή της αξιοποίηση, θα πρέπει να καταρτιστούν επαρκώς για να καλύπτουν τις απαιτήσεις της αγοράς, ενώ οι υπεύθυνοι ενεργειακών υπηρεσιών θα πρέπει να παρέχουν πλήρη υποστήριξη στους καταναλωτές ενέργειας από ξυλεία(σχέδιο, εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των συστημάτων μετατροπής και διανομής ενέργειας).

Όσον αφορά τα κρίσιμα προβλήματα του ανεφοδιασμού και της διαχείρισης ξύλου, θα πρέπει να αυξηθεί η διαθεσιμότητά του και η ανταγωνιστικότητά του για να μπορεί να σταθεί επάξια στην αγορά των καυσίμων. Η πραγματοποίηση σχετικών πιλοτικών εφαρμογών σε όλες της διακυμάνσεις ισχύος για συμπαραγωγή και η ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης του καταναλωτικού κοινού θα βοηθήσει, επιπρόσθετα, στην ανάπτυξη τεχνολογιών αξιοποίησης στην Ελλάδα και στην ένδειξη προτίμησης του κοινού στη χρήση ξυλείας.

Καταλήγοντας στην εργασία αυτή, θα πρέπει να διαπιστώσουμε πως το ξύλο είναι γνωστό στους Έλληνες ως καύσιμο για απλή και φθηνή θέρμανση οικιών. Ακόμη και η τεχνολογία αξιοποίησης του ξύλου βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο, δεν επεξεργάζεται πριν την καύση του, ενώ η τυποποίηση των ιδιοτήτων του δεν υφίσταται, γεγονός που εμποδίζει την εμπορική του διάθεσή του σε μεγάλη κλίμακα. Σχετικά με τα οικονομικοκοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη από την χρήση του, ούτε η δημιουργία αποκεντρωμένων θέσεων απασχόλησης, ούτε η προστασία του περιβάλλοντος μπορούν, μεμονωμένα, να οδηγήσουν την αγορά των ξυλοκαυσίμων σε τροχιά ανάπτυξης.

Η τάση που επικρατεί σχετικά με τα στερεά βιοκαύσιμα είναι θετική κυρίως για τα υπολείμματα αγροτικών βιομηχανιών, γιατί οι ποσότητες είναι ικανοποιητικές, η συγκέντρωση και επεξεργασία τους πιο εύκολη, ενώ υπάρχει εμπειρία και ανάπτυξη ανάλογων τεχνολογιών στην χώρα μας. Πολύ κοντά στην τάση αυτή είναι οι ενεργειακές δασικές καλλιέργειες, γιατί ενώ η τεχνολογία της αξιοποίησης της δασικής ξυλείας είναι διαδεδομένη, τα ποσά απολήψιμης δασικής ξυλείας δεν επαρκούν για κάλυψη της αγοράς, ίσως και λόγω μικρής γεωγραφικής έκτασης της χώρας, ενώ οι ενεργειακές καλλιέργειες αυτού του είδους μπορούν να συμβάλουν στην επάρκεια. Σε αντίστοιχο επίπεδο βρίσκεται και το βιοαέριο των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, του οποίου η τεχνολογία αυξάνει συνεχώς τις εφαρμογές της στην Ελλάδα. Αντίθετα, το ξυλοκαύσιμο δασικής προέλευσης δεν μπορεί να επαρκέσει για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της χώρας στα επόμενα χρόνια, γι' αυτό και με ύπαρξη τυποποίησης θα μπορούσαμε να κάνουμε εισαγωγές καυσίμου από το εξωτερικό και σε τιμές χαμηλότερες από τα συμβατικά καύσιμα. Τέλος, το κάρβουνο είναι ένα είδος αύξησης ενεργειακού περιεχομένου του καυσίμου, αλλά δεν είναι «καθαρό» για το περιβάλλον και για λειτουργικούς λόγους, άρα με την πάροδο του χρόνου θα απομακρυνθεί πλήρως από την αγορά. Σε γενικά πλαίσια, είναι δυνατή η αξιοποίηση της ελληνικής ξυλείας που προέρχεται από ενεργειακές καλλιέργειες, ενώ οι απολήψιμες ποσότητες δασικής και απορριπτόμενης ξυλείας είναι ανεπαρκείς για να ικανοποιήσουν μια συνεχώς πιο απαιτητική αγορά ενέργειας. Ωστόσο, με εισαγωγές τυποποιημένου ξυλοκαυσίμου μπορούμε να παράγουμε φθηνή και περιβαλλοντικά ωφέλιμη θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια.

**ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας  
Ε.Ε.: Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ε.Π.Ε.: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας  
Ε.Π.ΑΝ.: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα  
MSW: Municipal Solid Waste (Αστικά Στερεά Απορρίμματα)  
ΣΑΠΕ: Συνολικός Ανεφοδιασμός Πρωτογενούς Ενέργειας  
ΣΗΘ: Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητα  
ΣΨΘ: Συμπαγωγή Ψύξης Θέρμανσης  
ΤΙΠ: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου

### Ελληνική βιβλιογραφία

- [1] Ανδρίτσος Ν. (2001). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Διδακτικές σημειώσεις, Κοζάνη
- [2] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (1996). *Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη Δ.Ε.Η.*, Τόμος Α', Πικέρμι Αττικής
- [3] Λυριντζής Γ. (1997). *Συμβολή φυσικών δασών και ενεργειακών καλλιιεργειών στην παραγωγή βιομάζας για ενεργειακή αξιοποίηση στην Ελλάδα*, Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθηνά
- [4] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (1999). *Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.*, Κεφάλαιο 6- Βιοίςχύς, σύμπραξη του έργου Leonardo Da Vinci 1999 με ακρωνύμιο TEPRES
- [5] Καρλόπουλος Ε. (1999). *Ενεργειακή αξιοποίηση παλιάς ξυλείας σε βιομηχανικούς λέβητες*, Τεχνοοικονομική αναφορά στ πλαίσια του προγράμματος THERMIE- Type A, SF/0261/97-DE-GR-AT, 1999, Πτολεμαΐδα

### Διεθνής Βιβλιογραφία

- [6] Risovic Stjepan (2000). *Briquetting of wood waste- an energy and economy system analysis*, 1<sup>st</sup> World Conference on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000, Sevilla, Spain, pages 601-604
- [7] Nussbaumer T. (2002). *Combustion and co-combustion of biomass*, 12<sup>th</sup> European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Amsterdam, 17-21 June 2002
- [8] Institute for Thermal Turbomachinery and Machine Dynamics (2002). *Cogeneration (CHP) Technology Portrait*, May 2002, Vienna, [http://energytech.at/\(en\)/kwk/portrait.html](http://energytech.at/(en)/kwk/portrait.html)
- [9] Chatziathanassiou Artemios, Sioulas Konstantinos, Karapanagiotis Nikolas, Boukis Ioannis and Kotronarou Natasha (2000). *Environmental impacts from the use of bio-energy technologies*, 1<sup>st</sup> World Conference on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000, Sevilla, Spain, pages 123-126
- [10] Patel M. (2000). *Estimating the contribution of biomaterials to the Kyoto goals*, 1<sup>st</sup> World Conference on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000, Sevilla, Spain, pages 1093-1096
- [11] Reinhardt G. A., Zemanek G. and Jungk N. (2000). *Solid biofuels or conventional fuels? A comprehensive evaluation of the environmental impacts*, 1<sup>st</sup> World Conference on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000, Sevilla, Spain, pages 809-812
- [12] British BioGen (1998). *Wood Fuel from Forestry and Arboriculture GoodPractice Guidelines*, London
- [13] Energy Verwertungsagentur (2003). *Pormoting biomass heating in large buildings and blocks*, Altener 4.1030/Z/00-163/2000, January 2003, Vienna <http://www.eva.ac.at>



- [14] Vassilakos P. N., Karapanagiotis N., Fertis D., Tigas K. (2003). Methods of financing renewable energy investments in Greece, CRES, September 2003
- [15] Grassi Giuliano(2004). General framework of European initiatives for biofuels, Eubia, May 2004, Brussels Belgium  
[www.eubia.org](http://www.eubia.org)
- [16] Richardson J., Björheden R., Hakkila P., Lowwel A.T. and Smith C.T. (2002). Guiding principles and practice, Kluwer Academic Publishers, 2002
- [17] EurObservER 2003, <http://europa.eu.int/comm/energy-transport/atlas/html/bioelec.html>, last updated 28-7-2004
- [18] Gohla M. (2003). Environmental analysis concerning heat and power production using energy wood, ECHAIINE, 7-5-2003