



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

Μεταπτυχιακή διατριβή που εκπονήθηκε, για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης Μηχανικού Περιβάλλοντος, με θέμα

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ



ΒΙΚΤΩΡ ΚΟΥΛΟΥΜΠΗΣ Α.Μ.:2002059116

Μάρτιος 2004

Αφιερώνεται σε γονείς,
συγγενείς και φίλους
που έδειξαν κατανόηση
στην προσπάθεια,

Ευχαριστήρια

Στην προσπάθειά μου να μετατρέψω την αμφισβήτηση της υπάρχουσας κατάστασης στα ενεργειακά ζητήματα, που μου υπαγόρευε η οικολογική μου συνείδηση, σε έρευνα βρήκα καλούς φίλους. Η διαδικασία μετουσίωσης όμως της σκέψης και της έρευνας σε μια εργασία αντάξια επιπέδου μεταπτυχιακής διατριβής, που είναι και το ζητούμενο, δεν είναι εύκολη υπόθεση. Στάθηκα τυχερός διότι συνεργάστηκα με ανθρώπους που γνωρίζουν καλά το αντικείμενο και με καθοδήγησαν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Για τους λόγους αυτούς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας, Πρόεδρο του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος καθηγητή κ.Βασίλειο Γκέκα καθώς και τον συνεπιβλέποντα καθηγητή κ.Ευαγγελο Γιδαράκο. Θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον δεύτερο συνεπιβλέποντα κ. Θεοχάρη Τσούτσο, Development-Marketing Manager του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, διότι χωρίς τη πολύτιμη συμβολή του, η εργασία αυτή δεν θα είχε το αναμενόμενο αποτέλεσμα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγικό σημείωμα	σελ.1
1. Βιομάζα και παραγωγή ενέργειας	σελ.2
1.1.Σχηματισμός Βιομάζας	σελ.3
1.2. Διαθέσιμη βιομάζα προς αξιοποίηση	σελ.4
1.3. Μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια	σελ.5
1.3.1.Πυρόλυση	σελ.6
1.3.2.Καύση	σελ.7
1.3.3.Αεριοποίηση	σελ.7
1.3.4.Ανθρακοποίηση –Υγροποίηση	σελ.8
1.3.5.Αλκοολική ζύμωση	σελ.8
1.3.6.Μεθανική ζύμωση	σελ.9
2. Στατιστικά στοιχεία για τη βιομάζα	σελ.10
2.1. Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας	σελ.12
2.2. Εγχώρια κατανάλωση ενέργειας	σελ.13
2.3. Παραγωγή ηλεκτρισμού	σελ.13
2.4. Παραγωγή θερμότητας	σελ.14
2.5. Γενικότερη συνεισφορά της βιομάζας	σελ.15
2.6. Σύγχρονα στατιστικά στοιχεία για τη βιομάζα	
Wood Energy Barometer	σελ.17
3.Συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού	σελ.20
3.1.Εγκαταστάσεις θέρμανσης υγρών καυσίμων	σελ.20
3.2.Εγκαταστάσεις θέρμανσης αερίων καυσίμων	σελ.23
3.3. Ηλεκτρικά συστήματα κλιματισμού	σελ.25

4.Παραδοχές συστήματος και περιγραφή κατάστασης	σελ.26
4.1 Περιγραφή λογισμικού πακέτου	σελ.26
4.2 Συνθήκες περιοχής – θερμοκρασία	σελ.29
4.3. Βασική κατάσταση συστήματος θέρμανσης και φορτίου θέρμανσης	σελ.30
4.4. Απόδοση βιομάζας	σελ.31
4.5. Εκπομπές αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου	σελ. 33
4.6. Ανάλυση κόστους	σελ.34
5.Εφαρμογές συγκρίσεων του προγράμματος	σελ.36
5.1.Σύγκριση βιομάζας –πετρελαίου θέρμανσης	σελ.36
5.1.1.Οικονομική αξιοποίηση	σελ.36
5.1.1.1 Παράλληλη χρήση βιομάζας	σελ.36
5.1.1.2.Αποκλειστική χρήση βιομάζας	σελ.39
5.1.1.3.Σενάρια οικονομικών κινήτρων	σελ.41
5.1.2. Περιβαλλοντική αξιοποίηση	σελ.43
5.2.Σύγκριση βιομάζας - φυσικού αερίου	σελ.45
5.2.1.Οικονομική αξιοποίηση	σελ.45
5.2.1.1.Αποκλειστική χρήση φυσικού αερίου	σελ.45
5.2.1.2.Παράλληλη χρήση βιομάζας	σελ.47
5.2.1.3. Αποκλειστική χρήση βιομάζας	σελ.49
5.1.1.4. Σενάρια οικονομικών κινήτρων	σελ.50
5.2.2. Περιβαλλοντική Αξιοποίηση	σελ.51
5.3. Σύγκριση βιομάζας – ηλεκτρικών κλιματιστικών συσκευών	σελ.54
5.3.1. Οικονομική αξιοποίηση	σελ.54
5.3.1.1. Αποκλειστική χρήση ηλεκτρικών κλιματιστικών	σελ.54
5.3.1.2. Παράλληλη χρήση βιομάζας	σελ.55
5.3.1.3. Αποκλειστική χρήση βιομάζας	σελ.57
5.3.1.4. Σενάρια οικονομικών κινήτρων	σελ.58
5.3.2. Περιβαλλοντική αξιοποίηση	σελ.60
5.4. Συμπεράσματα από την εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου	σελ.62

6. Προβλήματα από τη χρήση βιομάζας	σελ.63
6.1. Αέριες εκπομπές	σελ.63
6.2 Απαιτήσεις σε λιπάσματα	σελ.66
6.3.Προοπτικές προώθησης εμπορίας βιοκαυσίμων	σελ.68
7. Το πρόγραμμα ALTENER-BIOHEAT	σελ.70
7.1. Τυποποιημένα βιοκαύσιμα	σελ.70
7.2. Βιωσιμότητα του συστήματος	σελ.72
7.3. Προτεινόμενες λύσεις σε πιθανά προβλήματα	σελ.74
8. Παραδείγματα χρήσης βιομάζας	σελ.76
8.1. Μονάδα θέρμανσης με άχυρο Satenergi AB- 4 MW	σελ.76
8.2. Επιτυχής εισαγωγή βιομάζας μικρής κλίμακας στη Βαυαρία	σελ.77
8.3. Πρωτοπόρος στη θέρμανση με βιομάζα Δήμος Vofore στη Φινλανδία	σελ.77
8.4. Τοπική εφαρμογή βιομάζας μικρής κλίμακας στην Αυστρία	σελ.78
8.5. Δευτερεύον καύσιμο από υπολείμματα βιομηχανίας ανακύκλωσης χάρτου	σελ.79
8.6. Επιτυχής εφαρμογή βιομάζας στην Ιρλανδία	σελ.79
9. Συμπεράσματα	σελ.81
Πίνακας συντομογραφιών	σελ.83
Βιβλιογραφία	σελ.84

Εισαγωγικό σημείωμα

Η βιομάζα αποτελεί μια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στο μέλλον δύναται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στον κόσμο γενικότερα. Όμως, η ύπαρξη της αυτή και μόνο, δεν μπορεί να πραγματοποιήσει τις αλλαγές που μπορεί να φέρει στην παγκόσμια σκηνή της ενέργειας. Εξάλλου, είναι μια πηγή ενέργειας η οποία είναι γνωστή από τα προϊστορικά χρόνια. Σκοπός είναι να μελετηθεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί Περιβαλλοντικά και Οικονομικά αυτή η πηγή ενέργειας προκειμένου να προσφέρει τα αντίστοιχα οφέλη. Στην παρούσα εργασία εστιάζεται η χρήση της βιομάζας για θέρμανση, διότι είναι η κύρια χρήση της κυρίως στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο, αναπτύσσονται ο σχηματισμός της βιομάζας και η μετατροπή της σε ενέργεια. Έπειτα, στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται οι στατιστικές που σχετίζονται με τη βιομάζα στην Ευρωπαϊκή ένωση και στην Ελλάδα ειδικότερα. Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται επιγραμματικά οι τρεις καθιερωμένοι τρόποι θέρμανσης οικιών προκειμένου να είναι πιο εύκολη η σύγκριση τους με το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα, η οποία λαμβάνει χώρα στο πέμπτο κεφάλαιο. Προηγουμένως, στο τέταρτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι παραδοχές που έχουν γίνει για την κατάσταση που μελετάται, και αναλύεται το πρόγραμμα με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η σύγκριση. Στο έκτο κεφάλαιο, αναπτύσσονται πιθανά προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση της βιομάζας, ενώ ταυτόχρονα γίνεται προσπάθεια να προταθούν λύσεις σε αυτά. Έπειτα, στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόγραμμα ALTENER –BIOHEAT “Promoting Biomass Heating in Large Buildings and Blocks” το οποίο εφαρμόζεται στην Ελλάδα από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Ακολουθεί, ένα κεφάλαιο σχετικά με περιπτώσεις αξιοποίησης βιομάζας στην Ευρώπη, για να γίνει κατανοητό ότι έχει αναπτυχθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία και υπάρχουν επιτυχή και ενθαρρυντικά παραδείγματα, για να επεκταθεί η χρήση της και στην Ελλάδα.

Τέλος, παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα από την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

1. Βιομάζα και Παραγωγή Ενέργειας

Η χρήση βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας δεν είναι καινούργια υπόθεση. Γνωρίζοντας ότι τα καυσόξυλα είναι μιας μορφής βιομάζα γίνεται αντιληπτό ότι η χρήση της είναι συνυφασμένη με την ανάπτυξη της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Χρήσιμο είναι να αναφερθεί ότι με τον όρο βιομάζα χαρακτηρίζονται:

1. Τα υλικά (υποπροϊόντα) και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής
2. Τα υποπροϊόντα τα οποία προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία των υλικών αυτών
3. Τα αστικά λύματα και σκουπίδια
4. Οι φυσικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα π.χ. αυτοφυή φυτά, δάση, είτε από τεχνητές φυτείες, αγροτικού ή δασικού τύπου.

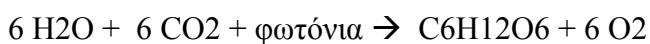
Στην περίπτωση που μελετάται στην εργασία, η πράσινη πηγή ενέργειας δεν είναι άλλη από τη μάζα των φυτών που σχηματίζεται από τη φωτοσυνθετική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας. Δυστυχώς, το τεράστιο ενεργειακό δυναμικό που παρέχει η βιομάζα παραμένει ανεκμετάλλευτο κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες.

Όμως, καθώς τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων μειώνονται συνεχώς προκαλώντας οικονομικές κρίσεις και παγκόσμια πολιτική αστάθεια, η ανάγκη για εύρεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αυξάνεται. Χαρακτηριστική είναι η ενεργειακή κρίση του 1973, όπου η βιομάζα έδειξε ότι αποτελεί καλή πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να συμβάλει στην ενεργειακή επάρκεια μετά την εξάντληση των αποθεμάτων των υπόλοιπων ορυκτών καυσίμων όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Αν στα παραπάνω προστεθούν η παγκόσμια ανάγκη για μείωση των εκπομπών αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Green House Gases - GHG) γίνεται αντιληπτό ότι η βιομάζα είναι μια πολλά υποσχόμενη πηγή ενέργειας για το μέλλον. Για το λόγο αυτό χρήσιμο είναι να αναφερθεί ο τρόπος σχηματισμού της καθώς και οι διάφοροι τρόποι αξιοποίησής της.

1.1. Σχηματισμός της βιομάζας

Οι βασικές πρώτες ύλες για το σχηματισμό βιομάζας είναι το νερό και ο άνθρακας, ενώ η ενέργεια που απαιτείται προέρχεται από το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις για το μετασχηματισμό της ηλιακής ενέργειας γίνονται στους χλωροπλάστες και είναι η διαδικασία έχει ως εξής.

Οι χρωστικές ύλες συλλαμβάνουν τα φωτόνια και ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Ηλεκτρόνια μεταφέρονται από το νερό, του οποίου τα μόρια διασπώνται χάρη σε ένα ισχυρό αναγωγικό μέσο τη φερροδοξίνη. Η φερροδοξίνη είναι μια πρωτεΐνη σιδήρου – θείου, η οποία ανάγει το διοξείδιο του άνθρακα σε υδατάνθρακα. Κατά τις αντιδράσεις αυτές εκλύεται οξυγόνο, ενώ παράλληλα μειώνεται η περιεκτικότητα του κυττάρου σε διοξείδιο του άνθρακα. Στην προσπάθειά του το κύτταρο να καλύψει τη διαφορά συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα που υπάρχει μεταξύ του και του περιβάλλοντος είναι αναγκασμένο να απορροφά. Για το λόγο αυτό τα φυτά είναι γνωστό πως απορροφούν το CO₂ και δίνουν O₂ στην ατμόσφαιρα, όπως φαίνεται και από την αντίδραση που εκφράζει το συνολικό ισοζύγιο της φωτοσύνθεσης.



Στη συνέχεια σχηματίζονται πιο πολύπλοκα μόρια, τα πρωτίδια και τα λιπίδια τα οποία με τους υδατάνθρακες αποτελούν το δομικό υλικό για την ανάπτυξη των διαφόρων οργάνων του φυτού με αποτέλεσμα την παραγωγή βιομάζας. Στην όλη διαδικασία καθοριστικό ρόλο παίζουν τα ανόργανα στοιχεία, που εισέρχονται στο φυτό από το έδαφος μέσω του ριζικού του συστήματος καθώς και οι κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας.

Η απόδοση της φωτοσύνθεσης συνολικά δεν υπερβαίνει το 5% αν και σε συγκεκριμένα φυτά μπορεί να αγγίξει το 30%. Ακόμη και για την επίτευξη αυτού του μικρού ποσοστού είναι απαραίτητες συγκεκριμένες συνθήκες για την πρόσληψη των θρεπτικών από το φυτό. Οι λόγοι που οδηγούν στη χαμηλή απόδοση είναι η ανάκλαση του φωτός από το φύλλωμα, η μεταφορά ενέργειας στο έδαφος και η αναπνοή του φυτού.

Με τις διαδικασίες που περιγράφηκαν σχηματίζεται βιομάζα η οποία μπορεί πλέον να υποστεί καύση για να παραχθεί ενέργεια.

1.2. Διαθέσιμη βιομάζα προς αξιοποίηση

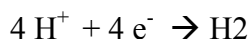
Για την αξιοποίηση της βιομάζας δεν είναι επιτακτική η χρήση της βιομάζας αμέσως μετά τη δημιουργία της αλλά υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε διάφορα υποπροϊόντα επεξεργασμένης βιομάζας όπως είναι τα απορρίμματα της αγροτικής παραγωγής, της δασοπονίας και των βιομηχανιών τροφίμων.

Χαρακτηριστικό απόρριμμα της γεωργικής παραγωγής είναι το άχυρο σιταριού, κύριο υπόλειμμα καλλιέργειας δημητριακών. Έχει υπολογιστεί ότι το 1/3 της συνολικής παραγωγής άχυρου μπορεί να αν αξιοποιηθεί ενεργειακά να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις της καλλιέργειας. Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα από την πλευρά των δασικών υποπροϊόντων αυτή τη φορά είναι η βιομάζα των δέντρων, τα υπολείμματα δασικών καλλιεργειών και τα απορρίμματα της βιομηχανίας ξύλου. Παρομοίως, τα απορρίμματα της κτηνοτροφίας, τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα και τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων μπορούν να αποτελέσουν πηγή ενέργειας.

Στα παραπάνω θα πρέπει να προστεθούν οι καλλιέργειες για ενεργειακούς σκοπούς, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλότερη παραγωγή ανά μονάδα επιφάνειας και ευκολότερη συλλογή.

Μια ακόμη μορφή βιομάζας που μελετάται είναι τα φύκια, τα οποία επειδή δεν υπάρχει η ανάγκη του ποτίσματος εμφανίζουν ένα ενεργειακό δυναμικό μεγαλύτερο από εκείνα των φυτών εδάφους. Επίσης, η διαθέσιμη μάζα είναι τεράστια και ανεκμετάλλευτη και θα μπορούσε να αξιοποιηθεί με τη δημιουργία θαλασσινών παράκτιων καλλιεργειών. Το θέμα είναι αξιόλογο αρκεί να βρεθεί τρόπος να γίνει δυνατή η εκμετάλλευση του εύκολα και με χαμηλό κόστος.

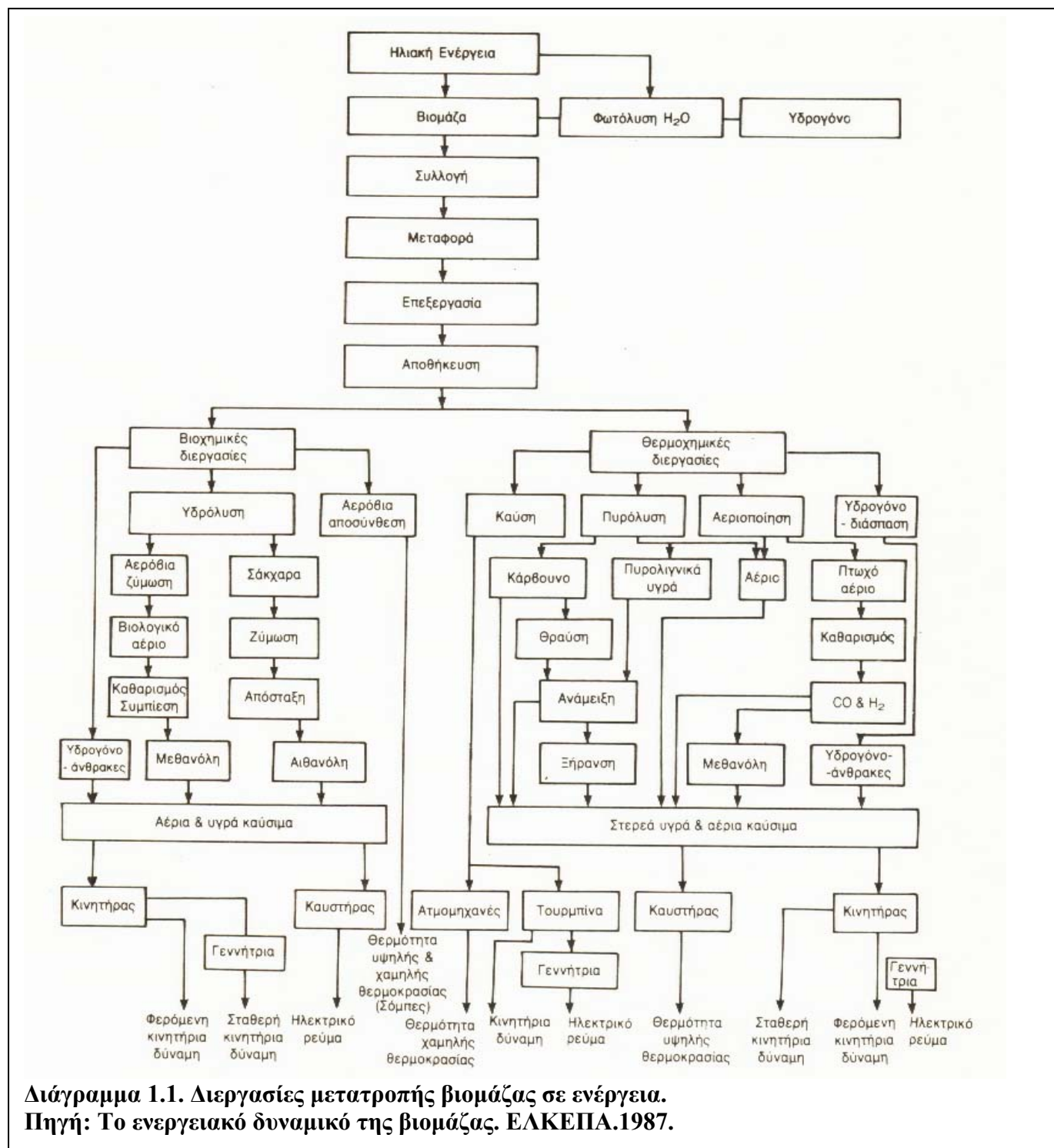
Τέλος, αναφέρεται η προοπτική της βιολογικής παραγωγής υδρογόνου με φωτοσύνθεση, δηλαδή η φωτόλυση του νερού η οποία εκλύει οξυγόνο, απελευθερώνει πρωτόνια και εμφανίζει μια αναγωγική δραστηριότητα με τη μεταφορά ηλεκτρονίων. Με τη βοήθεια του ενζύμου υδρογονάση, είναι δυνατό η δεύτερη φάση της φωτοσύνθεσης να μην συνοδεύεται από αναγωγή CO₂ αλλά να παράγει υδρογόνο όπως φαίνεται και από την αντίδραση.



Λόγω του μεγάλου εύρους η παρούσα εργασία περιορίζεται στην αξιοποίηση της δασικής βιομάζας, δηλαδή της βιομάζας των δέντρων η οποία χρησιμοποιείται για παραγωγή θερμότητας από τα αρχαία χρόνια και έπειτα γίνεται λόγος για τη σύγχρονη μέθοδο αξιοποίησης των απορριμμάτων της βιομηχανίας ξύλου.

13.Μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια

Η βιομάζα μετασχηματίζεται με πολλούς τρόπους όπως φαίνεται και από το διάγραμμα1, και μετατρέπεται σε στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα, ηλεκτρισμό και θερμότητα ανάλογα με την περίπτωση.



Οι μέθοδοι μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια διακρίνονται σε θερμοχημικές, η αλλιώς ξηρές μεθόδους, και σε βιοχημικές ή αλλιώς υγρές μεθόδους. Η σχέση C/N και η υγρασία των υπολειμμάτων είναι αυτές που καθορίζουν την επιλογή της μεθόδου.

Συγκεκριμένα, στις θερμοχημικές μεθόδους λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις οι οποίες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης και αναφέρονται στα είδη της βιομάζας με σχέση C/N >30 και υγρασία <50%, όπως είναι τα προϊόντα και τα υπολείμματα της κυτταρίνης. Στις θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνονται:

- i. Η πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα)
- ii. Η απευθείας καύση
- iii. Η αεριοποίηση και
- iv. Η υδρογονοδιάσπαση

Οι βιοχημικές διεργασίες, είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης και εφαρμόζονται σε υπολείμματα και προϊόντα λαχανικών, που εμφανίζουν σχέση C/N <30 και υγρασία >50% και σε αυτές περιλαμβάνονται:

- i. Η αερόβια ζύμωση
- ii. Η αναερόβια ζύμωση και
- iii. Η αλκοολική ζύμωση

1.3.1 Πυρόλυση

Κατά την πυρόλυση η φυτική ύλη αποσυντίθεται λόγω θέρμανσης και παράγει απουσία αέρα, πτωχό αέριο και πυρολιγνικά υγρά όπως είναι η ξυλόπισσα και ο ξυλάνθρακας ως υπόλειμμα. Η ενεργειακή μετατροπή αγγίζει το 90% και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της διαδικασίας απαιτούνται 10% του αερίου που παράγεται. Με τη μέθοδο αυτή παράγονται τρία είδη προϊόντων.

Το βιοαέριο σε ποσοστό 60%, το οποίο αποτελείται από αέρια που παρήχθησαν και δεν συμπυκνώνονται και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, με θερμαντική αξία 3200-4500 Btu/lb.

Το βιοάνθρακα σε ποσοστό 20%, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση με θερμαντική αξία 22 – 33 MJ/kg. Οι ενεργειακές απαιτήσεις της διαδικασίας κυμαίνονται στο 5-6% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας.

Το βιοέλαιο σε ποσοστό 20%, το οποίο παρουσιάζει θερμογόνο δύναμη 20 –30 MJ/kg.

1.3.2. Καύση

Η καύση είναι η πιο απλή από τις θερμοχημικές διεργασίες και σε θερμοκρασίες της τάξης των 1000 –1500°C δίνει θερμότητα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κίνηση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πέρα από τη δασική βιομάζα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύση γεωργικά υποπροϊόντα όπως άχυρο, καλάμια, κλαδοδέματα και φυσικά υπολείμματα ξύλου που έχει υποστεί βιομηχανική επεξεργασία.

Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμαντική αξία είναι το ποσοστό υγρασίας που περιέχουν και ο τρόπος καύσης. Η απόδοση είναι σχετικά χαμηλή με την χρήση σε τζάκια να αγγίζει το 5-20% και σε βιομηχανικές εστίες το 40%. Όμως, η ανάπτυξη της τεχνολογίας καύσης αλλά και των ίδιων των καυσίμων καθιστούν πλέον την καύση αποδοτική και αξιόπιστη.

1.3.3. Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση είναι μια διεργασία που ακολουθεί αυτή της πυρόλυσης και συντελεί στην ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας σε αέριο και διαχωρίζονται δυο περιπτώσεις.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται αέρας, παρουσιάζονται μεγάλες ποσότητες αζώτου και το μίγμα των αερίων που παράγεται έχει θερμαντική ισχύ 1700 Kcal/m³. Το αέριο αυτό ονομάζεται φτωχό και αποδίδει κατά την καύση του μηχανική ενέργεια.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται οξυγόνο, δεν παρουσιάζεται άζωτο στο μίγμα των παραγόμενων αερίων και η θερμαντική ισχύς ανέρχεται στις 2950 Kcal/m³.

Αν χρησιμοποιηθεί ατμός σε θερμοκρασία 1000°C αυξάνεται αρκετά η θερμαντική αξία των αερίων αλλά και το ποσοστό υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα.

1.3.4. Ανθρακοποίηση – Υγροποίηση

Η διεργασία της ανθρακοποίησης στοχεύει στην δημιουργία ξυλάνθρακα μέσω του εμπλουτισμού του προϊόντος σε άνθρακα και την απομάκρυνση των υπόλοιπων υγρών και στερεών συστατικών του. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η θερμαντική αξία και η καύση γίνεται καθαρότερη. Η απαιτούμενη θερμοκρασία είναι 300-600 C και η διάρκεια εξαρτάται από την υγρασία και το είδος του ξύλου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η θερμαντική αξία κυμαίνεται μεταξύ 5500-8000 kcal/kg, για 60-80% περιεκτικότητα σε άνθρακα.

Η διεργασία της υγροποίησης αποσκοπεί στη δημιουργία υγρών καυσίμων υψηλής θερμαντικής αξίας. Οι δύο βασικές κατηγορίες μεθόδων είναι :

- i. Υγροποίηση με ταχεία πυρόλυση
- ii. Υγροποίηση με καταλυτική υδρογονόλυση σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.

Με την πρώτη μέθοδο παράγεται ξυλάνθρακας θερμαντικής αξίας 7800 – 8200 kcal/kg και λάδι θερμαντικής αξίας 6800-7800 kcal/kg, ενώ με τη δεύτερη παράγεται μόνο λάδι θερμαντικής αξίας 8300-8900 kcal/kg.

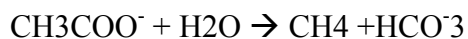
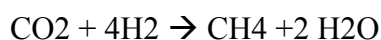
1.3.5. Αλκοολική ζύμωση

Η αλκοολική ζύμωση αποσκοπεί στην παραγωγή αιθανόλης από τα αγροτικά και δασικά προϊόντα και υποπροϊόντα, που συνήθως είναι φτηνά διότι μένουν ανεκμετάλλευτα. Η αιθανόλη αρχικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο βενζίνης με μια αναλογία βενζίνης – αιθανόλης 20%. Για την πλήρη υποκατάσταση της βενζίνης από αλκοόλη απαιτούνται ορισμένες αλλαγές στους κινητήρες.

Η διεργασία συνίσταται στην υδρόλυση με χρήση θειϊκού οξέος ή ενζύμων, για να παραχθούν γλυκόζη και ξυλόζη. Τα σάκχαρα αυτά ζυμώνονται και παράγεται αιθανόλη, ενώ ως υπόλειμμα σε ποσοστό 20-30% της υδρόλυσης είναι η λιγνίνη, από την οποία μπορεί να παραχθεί ενέργεια με άμεση καύση ή πυρόλυση. Στην Ελλάδα, που υπάρχουν μεγάλες ποσότητες λιγνίτη, μπορεί να παραχθεί με χαμηλό κόστος μεθανόλη η οποία μπορεί επίσης να αποτελέσει καύσιμο αυτοκινήτων. Τέλος, εξελισσόμενα τα αλκοολούχα καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμιγή (απόλυτη αιθανόλη και μείγματα νερού και αιθανόλης- μεθανόλης).

1.3.6. Μεθανική ζύμωση

Η διεργασία αυτή οδηγεί στη μετατροπή της βιομάζας σε μεθάνιο, πράγμα το οποίο συμβαίνει σε διάφορα στάδια μετατροπής της ανόργανης ύλης. Χάρη σε ένα σύστημα μικροοργανισμών οι οργανικές ενώσεις μετατρέπονται σε οργανικά οξέα υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Μικροοργανισμοί και πάλι μετατρέπουν τα οργανικά οξέα σε οξικό οξύ και μετά της αποκαρβοξυλίωσης σε μεθάνιο. Επομένως, ως τελικές αντιδράσεις της διαδικασίας μπορούν να θεωρηθούν η υδρογόνωση του διοξειδίου του άνθρακα σε μεθάνιο και η πρωτονίωση της μεθυλικής ομάδας των οξικών σε μεθάνιο όπως φαίνεται ακολούθως:



Πέρα από την αερόβια ζύμωση μελετάται και η αναερόβια ζύμωση με την οποία η κυτταρίνη μετατρέπεται σε μεθάνιο, αφού χάρη σε μείγμα μικροοργανισμών παρέχεται αρχικά υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα και πτητικά λιπαρά οξέα, τα οποία με τη σειρά τους μετατρέπονται σε CH_3COH και εν συνεχεία με αποκαρβοξυλίωση παράγεται μεθάνιο.

2. Στατιστικά στοιχεία για τη βιομάζα

Τα στατιστικά στοιχεία για τη βιομάζα και γενικά για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι απαραίτητα για κάθε χώρα που επιθυμεί να ορίσει μια συνεπή και ρεαλιστική πολιτική και να καθορίσει την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της. Τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δημιούργησαν μια αναφορά για την περίοδο 1989- 1998 για την κατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για κάθε κράτος – μέλος και για την Ευρωπαϊκή Ένωση συνολικά. Εν συντομία, αναφέρεται ότι βρέθηκαν τα παρακάτω:

- Η πρωτογενής παραγωγή ήταν 85,5 Mtoe αντιπροσωπεύοντας το 11,4% της συνολικής πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας
- Η συνεισφορά στη συνολική ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ήταν 6%
- Η παραγωγή ηλεκτρισμού ήταν 356 TWh, αντιπροσωπεύοντας το 14,3% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρισμού
- Η παραγωγή θερμότητας ήταν 44,3 Mtoe

Συνοπτικά, τα κυριότερα αποτελέσματα της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.1. Πρωτογενής Παραγωγή Ενέργειας το 1989-1998.				Αύξηση ανά περίοδο		
	1989	1993	1998	89-93	93-98	89-98
Συνολική Πρωτογενής Παραγωγή Ενέργειας από Α.Π.Ε. (ktoe)	65,351	72,908	85,488	12%	17%	31%
Άνεμογεννήτριες	46	203	976	343%	380%	2027%
Ηλιακά	146	222	354	52%	60%	143%
Υδροηλεκτρικά	21,975	25,126	26,482	14%	5%	21%
Γεωθερμία	2,215	2,614	3,014	18%	15%	36%
Βιομάζα	40,969	44,743	54,661	9%	22%	33%
Συνολική Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ (GWh)	275,497	317,816	355,716	15%	12%	29%

Πηγή: Renewable Energy Sources Statistics in the European Union 89-98, EUROSTAT. ΚΑΠΕ 2001

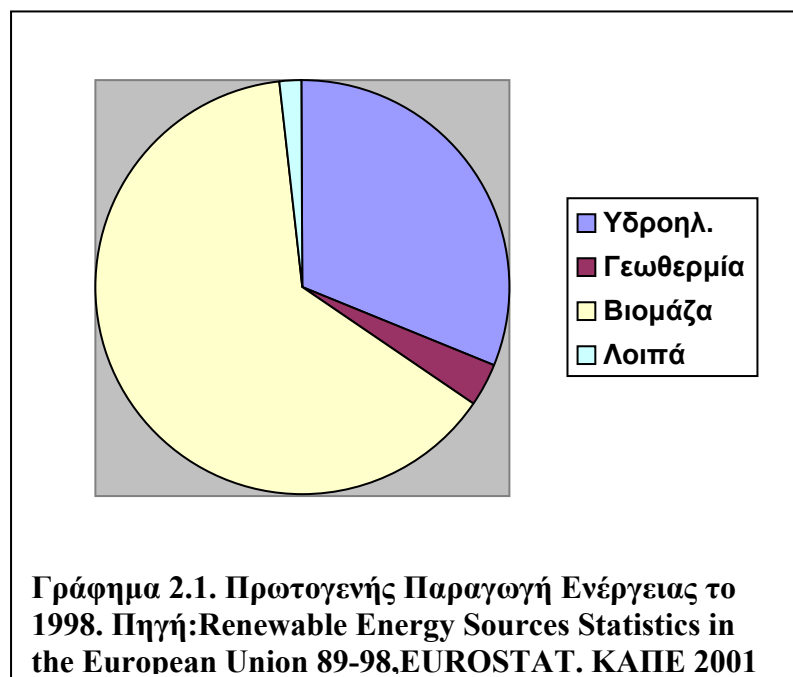
Με βάση τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η παραγόμενη ενέργεια από βιομάζα αυξήθηκε σε ποσοστό 33% πράγμα το οποίο είναι σημαντικό, αλλά η αύξησή της την περίοδο 93-98 ήταν μεγαλύτερη από την περίοδο 89-93 χαρακτηριστικό σημαντικότερο. Διότι όπως παρατηρείται ενώ και άλλες πηγές παρουσιάζουν γενικά αύξηση το συνολικό διάστημα 89-98, ουσιαστικά η ο ρυθμός αύξησής τους φθίνει.

Η αύξηση της παραγόμενης ενέργειας της βιομάζας είναι σημαντική διότι καταδεικνύει πιθανόν όχι μόνο την εξάπλωση άρα και αύξηση της χρήσης της αλλά και τις αποτελεσματικότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να παραχθεί ενέργεια από αυτές.

Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στα στατιστικά της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας, της εγχώριας κατανάλωσης, της παραγωγής ηλεκτρισμού, της παραγωγής θερμότητας και τέλος στην πορεία που είχε η κάθε πηγή και συγκεκριμένα η βιομάζα.

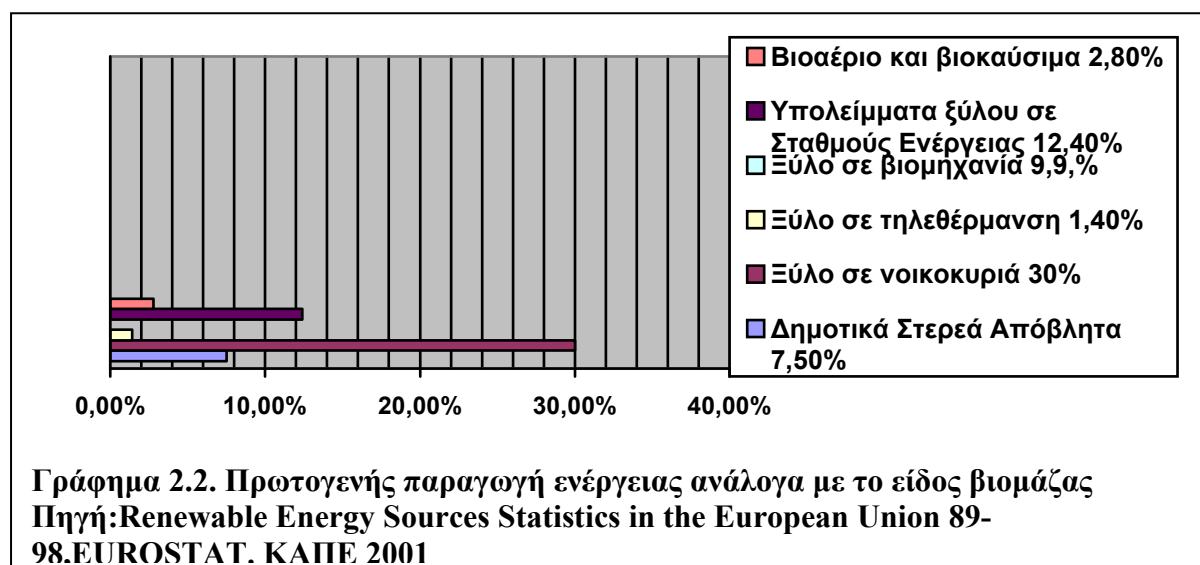
2.1. Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας

Η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε. ήταν 65,3 Mtoe, αντιπροσωπεύοντας το 9,1% της συνολικής πρωτογενούς παραγωγής. Όπως φαίνεται και από το γράφημα1 που ακολουθεί η βιομάζα αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό 63,9% της



πρωτογενούς παραγωγής με ποσοστό μάλιστα υπερδιπλάσιο από εκείνο της επόμενης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Ας σημειωθεί ότι η Ελλάδα πέρασε το μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης αγγίζοντας το ποσοστό του 13,5%.

Χρήσιμο είναι να αναλυθεί το ποσοστό της βιομάζας ανάλογα με το είδος της όπως φαίνεται στο επόμενο γράφημα2 και αυτό διότι παρατηρούμε ότι η βιομάζα που μας αφορά στη συγκεκριμένη εργασία δηλαδή τα ξύλα που καίγονται στα νοικοκυριά για την παραγωγή θερμότητας αγγίζουν το 30%.



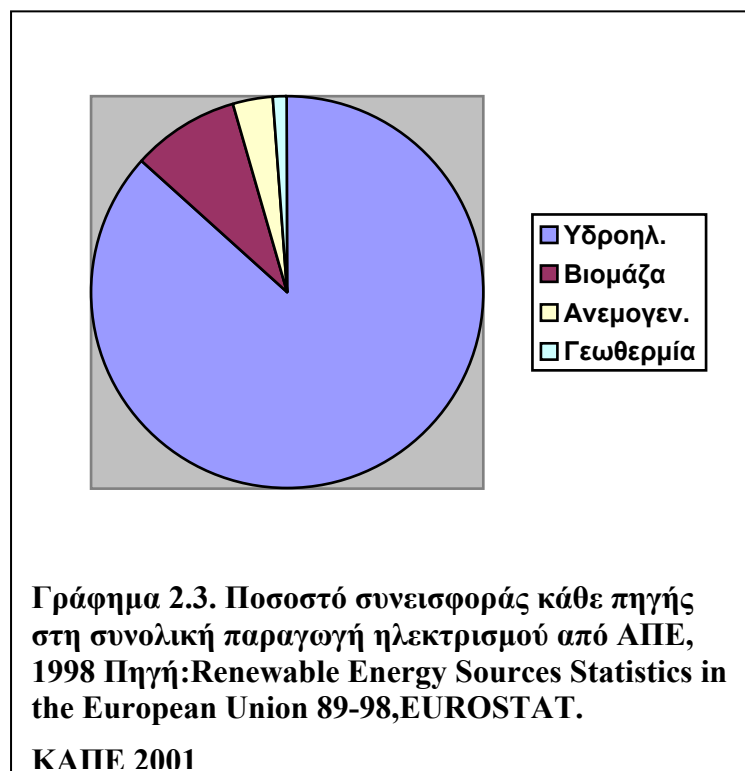
2.2. Εγχώρια κατανάλωση ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούσαν το 5% της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 1989. Μέχρι το 1998 το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 6% και δεδομένης της διεύρυνσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης με χώρες που διατηρούν μεγάλο δυναμικό βιομάζας πιθανό το ποσοστό αυτό να αυξηθεί κι άλλο. Οι κυριότερες πηγές που συνεισέφεραν στο ποσοστό αυτό είναι τα υδροηλεκτρικά και η βιομάζα. Η χρήση βιομάζας επικράτησε με τη μορφή καυσόξυλων σε επίπεδο νοικοκυριών αλλά επεκτάθηκε και σε άλλες μορφές, όπως η καύση υπολειμμάτων ξυλείας στη βιομηχανία και η αποτέφρωση στερεών αποβλήτων από τους δήμους.

Η Ελλάδα εμφάνισε καλά ποσοστά αγγίζοντας το 5% παρά το γεγονός ότι είναι οριακά κοντά στο μέσο όρο. Το ποσοστό είναι υψηλό, διότι χώρες όπως η Αυστρία και η Σουηδία εμφανίζουν αρκετά υψηλά ποσοστά και ανεβάζουν το μέσο όρο για την Ευρωπαϊκή Ένωση συνολικότερα.

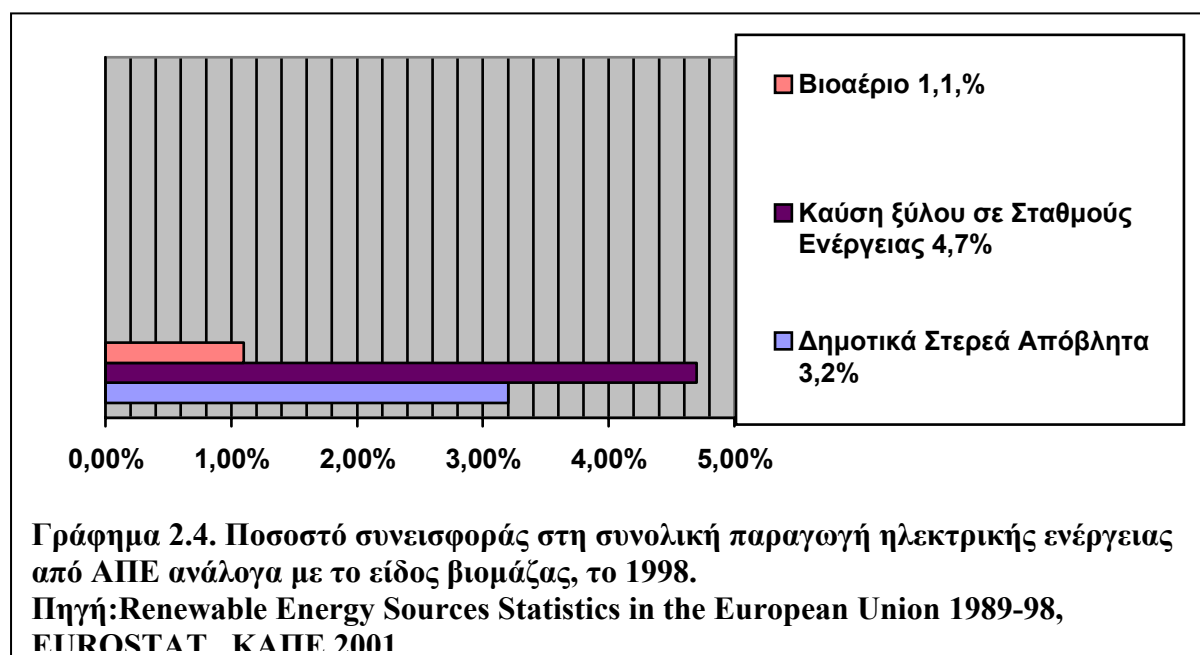
2.3. Παραγωγή ηλεκτρισμού

Όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το ποσό που παράχθηκε από ανανεώσιμες πηγές ανέρχεται στα 356 TWh, αντιπροσωπεύοντας το 14,3% της



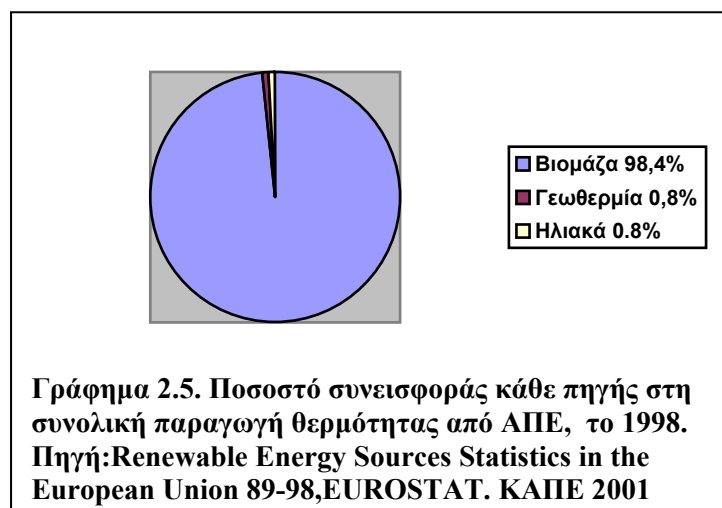
συνολικής παραγωγής. Το μεγαλύτερο ποσοστό 86,6% προέρχεται από τα υδροηλεκτρικά που συνεισέφεραν 308 TWh. Η βιομάζα αν και με κατά πολύ μικρότερο ποσοστό (9%), παραμένει η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή αφήνοντας κατά πολύ πίσω τις ανεμογεννήτριες και τη γεωθερμία, όπως φαίνεται και στο γράφημα 3.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα χρήσιμο είναι να διαχωριστεί προκειμένου να διαπιστώσουμε το πραγματικό ποσοστό προσφοράς της καύσης ξύλου στη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Στο επόμενο γράφημα 4 φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος από τα διάφορα είδη βιομάζας το προσφέρει η καύση ξύλου με ποσοστό 4,7%, και ακολουθούν τα δημοτικά στερεά απόβλητα με 3,2% και το βιοαέριο με 1,1,%. Παρά το γεγονός ότι η καύση ξύλου προπορεύεται, η χρήση της αυτή εξακολουθεί να παρατηρείται σε μεγάλες μονάδες ενώ σε επίπεδο οικιών είναι μηδενικό.



2.4. Παραγωγή θερμότητας

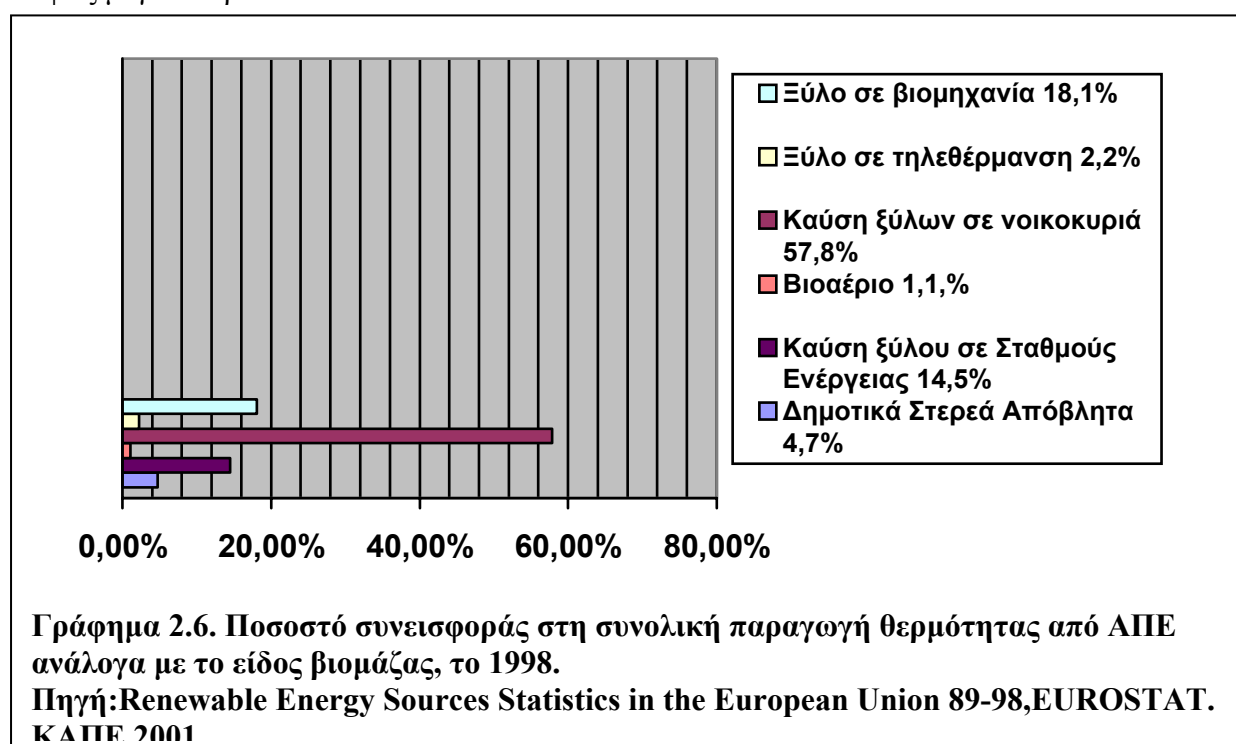
Σημαντική αύξηση στην παραγωγή θερμότητας παρατηρήθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με ποσοστό 22,4%. Από τα 36,2 Mtoe το 1989 ανέβηκε στα 44,3 Mtoe το



1989, με τη βιομάζα να συνεισφέρει το 98,4% της συνολικής παραγωγής. Η συντριπτική συνεισφορά της βιομάζας οφείλεται σε μεγάλο ποσοστό στην κατανάλωση καυσόξυλων για οικιακή θέρμανση (25,6

Mtoe) και στην καύση υπολειμμάτων ξύλου στη βιομηχανία (8 Mtoe) με κυριότερες εφαρμογές την παραγωγή θερμότητας/ατμού. Όπως φαίνεται και στο γράφημα 5 η γεωθερμία και τα ηλιακά μόλις που καταφέρνουν να συνεισφέρουν οριακά κοντά στο 1%.

Στην παραγωγή θέρμανσης η καύση ξύλων στα νοικοκυριά αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή με ποσοστό 57,8%, σε αντίθεση με την παραγωγή ηλεκτρισμού που ήταν μηδενική. Επίσης, παρατηρείται ότι σε αντίθεση με την παραγωγή ηλεκτρισμού, η συνεισφορά κάθε είδους βιομάζας είναι σημαντική για αυτό το λόγο όπως φαίνεται και στο γράφημα 6, το πλήθος των διαφορετικών ειδών βιομάζας είναι σαφώς μεγαλύτερο.



2.5. Γενικότερη συνεισφορά της βιομάζας

Η βιομάζα αποτελεί τη σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση συνεισφέροντας με 2.288.644 TJ στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας. Η βιομάζα μαζί με τα υπολείμματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας παρά ηλεκτρικής ενέργειας συνεισφέροντας 1.826.070 TJ και 32.000 GWh αντίστοιχα το 1998.

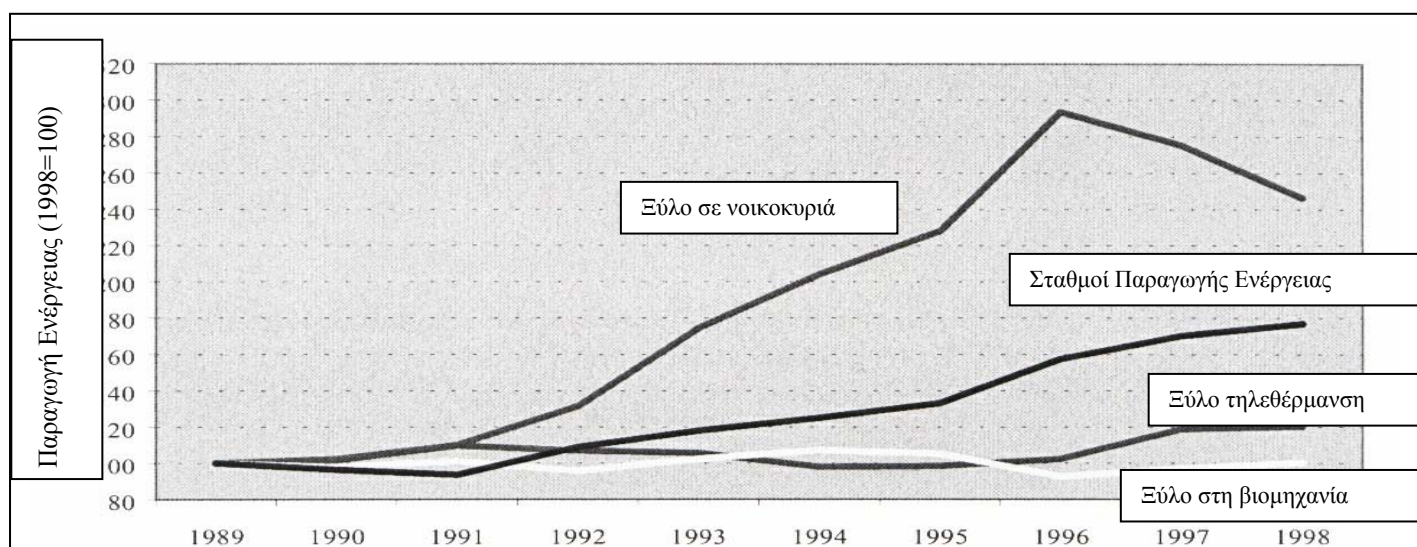
Κυρίαρχη θέση στην πρωτογενή παραγωγή κατέχει η Γαλλία με 21% επι του συνολικού ποσοστού παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Ειδικότερα, όμως, στην

περίπτωση της ηλεκτροπαραγωγής τα σκήπτρα έχει η Φινλανδία η οποία το 1998 παρήγαγε από βιομάζα 7.528 GWh.

Όσον αφορά το ξύλο, τα υπολείμματά του και τα υπόλοιπα στερεά απόβλητα τα πράγματα φαίνονται ενθαρρυντικά, μια και αποτελούν το 83,8% της συνολικής πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας από βιομάζα και 53,4% της συνολικής παραγωγής. Η παραγωγή ατμού και θέρμανσης στη βιομηχανία και τα νοικοκυριά είναι οι κύριες εφαρμογές αυτής της πηγής καυσίμου, ενώ η χρήση για ηλεκτροπαραγωγή είναι μάλλον περιορισμένη με 16.711 GWh το 1998. Τα κυριότερα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι τα καυσόξυλα και τα υπολείμματα ξύλου όπως τα θρύμματα, ενώ υπάρχουν και μικρότερες συμμετοχές από άχυρο και άλλα αγροτικά απόβλητα.

Η κατανάλωση καυσόξυλων στα νοικοκυριά το 1998 ήταν 1.072.459 TJ παρουσιάζοντας αύξηση 20,3% σε σχέση με το 1989. Οι μεγαλύτερες καταναλώτριες χώρες εμφανίζονται να είναι η Γαλλία, η Ιταλία, η Γερμανία και η Ισπανία. Θα έπρεπε να τονιστεί ότι τα ακριβή στατιστικά της κατανάλωσης καυσόξυλων αποκτιέται μέσω ερευνών. Οι έρευνες αυτές που διεξήχθησαν στη Γερμανία και την Ιταλία πρόσφατα, είναι που απαίτησαν την διόρθωση των αποτελεσμάτων για τα έτη 1997 και 1998.

Γενικότερα, οι τάσεις όπως διαμορφώθηκαν στην Ευρώπη (των 15 εταίρων) για το ξύλο, τα υπολείμματά του και τα υπόλοιπα στερεά απόβλητα παρουσιάζονται στη γραφική παράσταση του διαγράμματος 2.1.



Διάγραμμα 2.1. Τάσεις παραγωγής ενέργειας 89-98

Πηγή: Renewable Energy Sources Statistics in the European Union 89-98, EUROSTAT. ΚΑΠΕ 2001

2.6. Σύγχρονα στατιστικά για τη βιομάζα – Wood Energy Barometer

Ειδικά στην Ελληνική πραγματικότητα για τη δεκαετία 1990-2000 η πορεία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιγράφεται από τους επόμενους πίνακες. Στον πρώτο πίνακα 2.2. εμφανίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ για κάθε χρόνο από το 1990 έως και το 2000 με τη βιομάζα να εμφανίζεται μόνο στα έτη 1992, 1993, 1994 και 1995 με φθίνουσα μάλιστα πορεία.

Τεχνολογία	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Υδροηλ.-1MW	6,1	5,4	5,4	5,4	7,6	6,5	7	11,3	8,2	18,3	25,8
Υδροηλ. 1-10MW	54,2	70,5	43	77,1	96,6	88,9	119	138	137,3	163,7	140,1
Υδροηλ. 10+MW	1.733	3.034	2.174	2.297	2.589	3.460	4.236	3.756	3.585	4.446	3.527,1
Ανεμογεν.	1,6	1,8	8,2	47,5	37,4	33,8	36	36,9	73,1	162,3	451
Φωτοβολταϊκά	0,06	0,05	0,12	0,25	0,23	0,22	0,16	0,15	0,15	0,18	0,243
Βιομάζα	0	0	1,5	1,5	1,4	0,9	0	0	0	0	0
Βιοαέριο	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,56	0
Ιλύς	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,72	0,66
Σύνολο	1.795	3.112	2.232	2.429	2.732	3.590	4.398	3.942	3.805	4.793	4.145

Πίνακας 2.2. Παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ (GWh)

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Τεχνολογία	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Γεωθερμία	58,6	122,5	107	102	92	87,9	50,9	83,2	105	88	67
Βιομάζα σε νοικοκυριά*	29.385	29.385	29.38	29.38	29.38	29.38	29.38	29.38	29.38	29.38	29.385
Βιομάζα στη βιομηχανία	4.900	5.000	5.000	5.050	4.912	4.943	7.746	8.699	8.535	8.734	10.121
Βιοαέριο γεωργ. υπο/των.	1,48	17,84	25,12	27,15	31,47	27,31	24,6	8,7	9,8	12,2	13
Ιλύς	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7,8	46
Ηλιακή θέρμανση	3.139	3.432	3.672	3.874	4.104	4.428	4.688	4.753	4.978	5.209	4.140
Σύνολο	37.584	37.957	38.205	38.464	38.606	38.898	41.958	42.944	43.023	43.436	43.772

Πίνακας 2.3: Παραγωγή θερμότητας από ΑΠΕ (TJ)

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Στον πίνακα 2.3 εμφανίζεται η θερμότητα που παράχθηκε από ΑΠΕ από 1990-2000. \ Από ότι φαίνεται η βιομάζα κατέχει καλύτερη θέση και αυτό είναι φυσικό μια και όπως έχει τονιστεί κατ' εξακολούθηση η κύρια προσφορά της βιομάζας είναι στην παραγωγή θερμότητας και όχι ηλεκτρισμού.

Τα τελευταία στοιχεία σχετικά με τη βιομάζα και συγκεκριμένα την ενέργεια που προέρχεται από τα ξύλα παρουσιάζονται στο δελτίο τύπου του EurObserver και είναι το λεγόμενο (Wood Energy Barometer). Το βαρόμετρο αυτό αποτελείται από δείκτες που αντανakλούν την τρέχουσα δυναμική των τομέων ανανεώσιμης ενέργειας παγκόσμια και μέσα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, και υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το πρόγραμμα ALTENER. Σύμφωνα με αυτό, η ενέργεια από ξύλο είναι η ηγετική μορφή ανανεώσιμης ενέργειας και αντιπροσωπεύει πάνω από το 51% της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζεται η παραγωγή για το 2002 η οποία ξεπερνά τα 44 Mtoe.

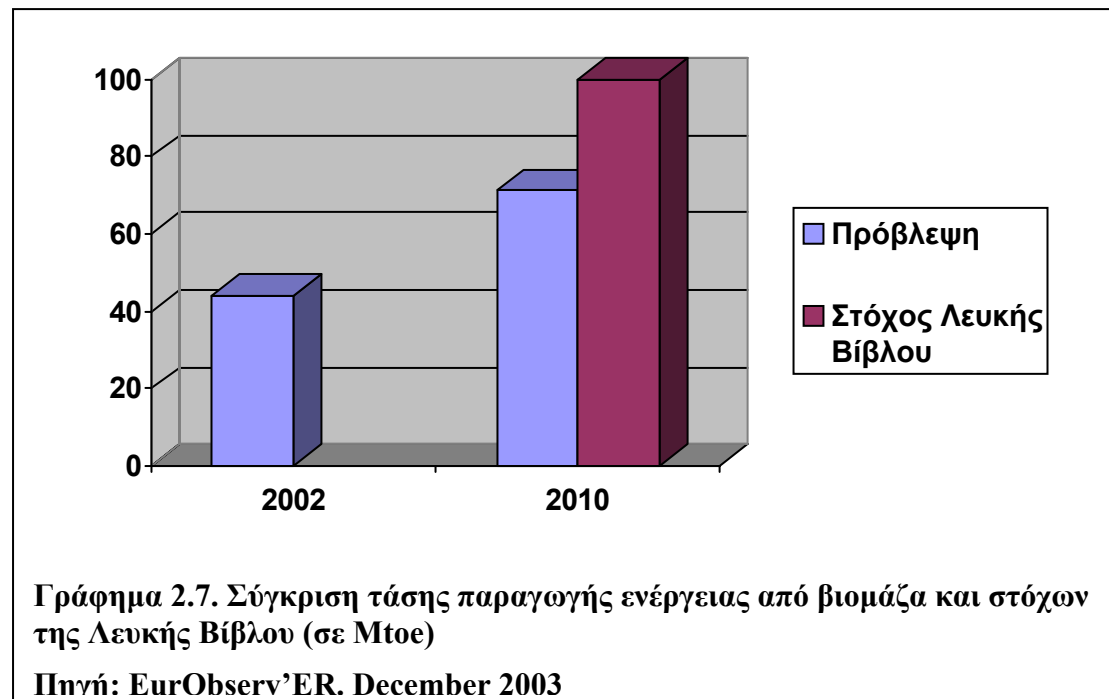
Κράτος- Μέλος	Παραγωγή το 2002	Σχέση toe / κάτοικο
Γαλλία	8,48	0,14
Γερμανία	8,00	0,10
Σουηδία	7,86	0,88
Φινλανδία	6,40	1,23
Ισπανία	3,89	0,10
Αυστρία	3,01	0,37
Άλλα κράτη μέλη	6,42	/
Σύνολο Ε.Ε.	44,06	0,12

Πίνακας 2.4. Πρωτογενής ενέργεια προερχόμενη από ξύλα στη Ε.Ε. σε Mtoe

Πηγή: EurObserv'ER. Press Release, December 2003

Τέλος, στο επόμενο γράφημα 7, γίνεται σύγκριση μεταξύ της τρέχουσας τάσης και των στόχων της Λευκής Βίβλου. Με βάση αυτό, όλα τα κράτη μέλη θα πρέπει να προσεγγίσουν τα 71 Mtoe στο τέλος του 2010, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι δεν κινούμαστε με αρκετά γρήγορους ρυθμούς ούτως ώστε να πιάσουμε τον στόχο. Βέβαια, βάση του Eurobarometer 2001 η προέκταση έφτανε μέχρι τα 62 Mtoe, δηλαδή, έχει επέλθει ενίσχυση τα τελευταία 2 έτη. Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια

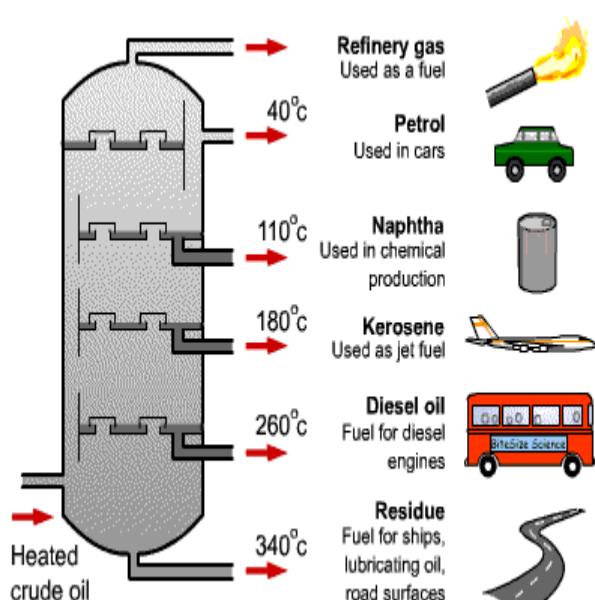
μέχρι να λήξει η προθεσμία πιθανόν να εμφανιστούν νέες τεχνολογίες ή ισχυρά εθνικά προγράμματα που θα επηρεάσουν κι άλλο τις προβλέψεις.



3. Συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού

Στα πλαίσια της προσπάθειας για μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα στα θέματα θέρμανσης θα αναλυθούν παρακάτω συνοπτικά οι 3 διαφορετικές επιλογές που υπάρχουν για θέρμανση στην Ελλάδα πέραν της καύσης βιομάζας. Συγκεκριμένα, θα παρουσιαστούν οι εγκαταστάσεις θέρμανσης που βασίζονται στην καύση πετρελαίου, οι εγκαταστάσεις φυσικού αερίου και τα κλιματιστικά συστήματα που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Το φυσικό αέριο όπως και τα κλιματιστικά αναφέρονται από την άποψη ότι πρέπει να γίνει παρουσίαση και των «αντίπαλων» τρόπων θέρμανσης. Κυρίως δε το φυσικό αέριο το οποίο σε πολλές περιπτώσεις αντιμετωπίζεται ως καθαρή λύση. Συγκεκριμένα, στο άρθρο “Reducing GHG through the use of Biomass Energy in NW Slovakia” του BIOMASA Association Slovakia, αναφέρεται ότι υπάρχει πρόβλημα διείσδυσης της βιομάζας στην αγορά, λόγω των επιδομάτων που δίνονται από την πολιτεία, για τη χρήση φυσικού αερίου.

3.1. Εγκαταστάσεις θέρμανσης υγρών καυσίμων



Το πετρέλαιο είναι ένα μίγμα υδρογονανθράκων σε υγρή κατάσταση και αποτελεί στην εποχή μας μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας, τόσο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και για επιμέρους παραγωγή ενέργειας όπως για την κίνηση των αυτοκινήτων την θέρμανση των κατοικιών. κ.λ.π.

Τη σύγχρονη εποχή και στη πλειονότητα των αστικών περιβαλλόντων της χώρας μας το βασικότερο σύστημα θέρμανσης τόσο από πλευράς απόδοσης, όσο και από πλευράς συνθηκών ευεξίας είναι σήμερα το σύστημα με ζεστό νερό. Ως θερμικός

φορέας χρησιμοποιείται ζεστό νερό θερμοκρασίας από 70°C μέχρι και 90°C, με εξαίρεση βέβαια την υποδαπέδια θέρμανση που η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής δεν πρέπει να ξεπερνά τους 40°C.



Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ένα **λέβητα** ο οποίος κατά κύριο λόγο παράγει θερμότητα με την καύση του υγρού, στερεού ή αερίου καυσίμου και έπειτα τη μεταδίδει στο νερό. Συνοπτικά θα αναφερθεί ότι οι λέβητες κατατάσσονται ανάλογα:

- i. με το υλικό κατασκευής τους σε χαλύβδινους και χυτοσίδηρους
- ii. με το είδος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου σε λέβητες πετρελαίου, αερίου, στερεών καυσίμων (όπως είναι η βιομάζα) κτλ
- iii. με το φορέα θερμότητας (νερό στην περίπτωση θέρμανσης οικιών.

Αφού το νερό ζεσταθεί, διερχόμενο από τον κυκλοφορητή και διαμέσου του συστήματος σωληνώσεων μεταφέρεται στα θερμαντικά σώματα δηλαδή τα μέσα για την κάλυψη των θερμικών απωλειών του χώρου.



Η επιλογή των **θερμαντικών σωμάτων** είναι μια απόφαση στην οποία εμπλέκεται ο μηχανικός και φυσικά ο ιδιοκτήτης του κτιρίου (οικίας αντίστοιχα), διότι η επιλογή τους εξαρτάται από:

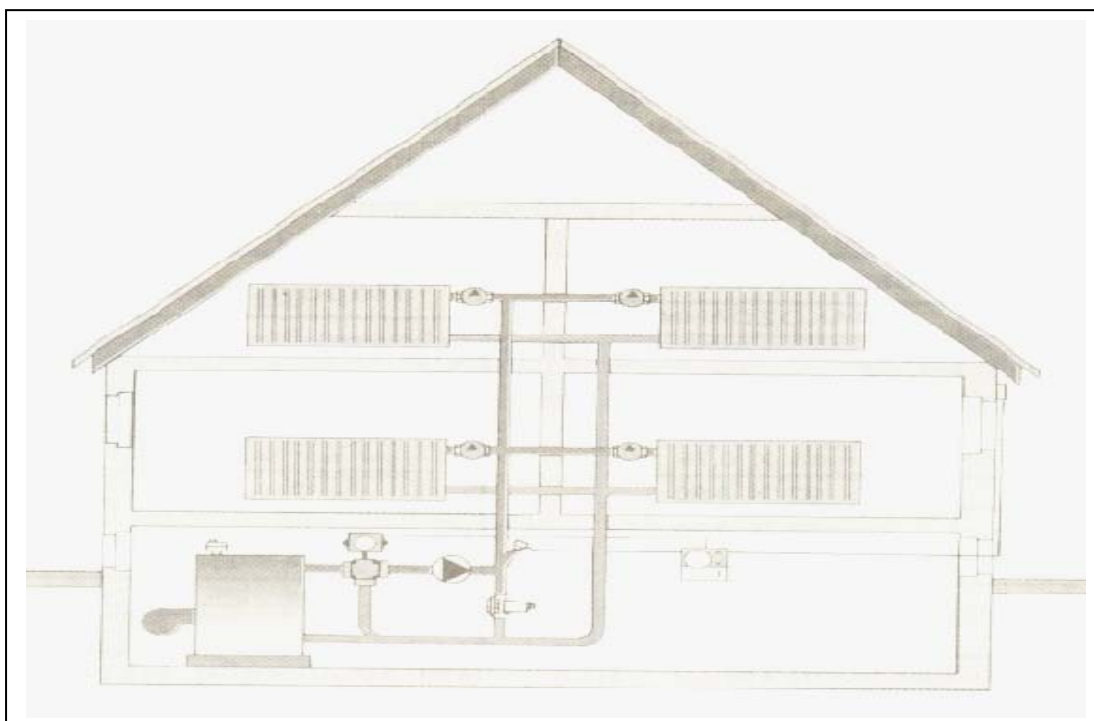
- i. το είδος των θερμαντικών σωμάτων τα οποία μπορεί να είναι κλασικά χαλύβδινα σώματα τύπου (AKAN) με φέτες, σώματα αλουμινίου, σώματα τύπου RUNTAL, τύπου PANEL, χάλκινα και χυτοσίδηρα σώματα.
- ii. Τις διαστάσεις των θερμαντικών σωμάτων
- iii. Τις προοπτικές τις οικοδομής.

Όσον αφορά το σύστημα σωληνώσεων διακρίνονται δύο τρόποι σωληνώσεων για τη μεταφορά του ζεστού νερού: το μονοσωλήνιο και το δισωλήνιο σύστημα. Το μονοσωλήνιο σύστημα καθιερώθηκε σχεδόν σε όλες τις κατασκευές τα τελευταία

χρόνια λόγω της αυξανόμενης ανάγκης για αυτόνομη θέρμανση. Το δισωλήνιο σύστημα είναι το κλασικό σύστημα το οποίο εμφανίζεται σε παλαιότερες της δεκαετίας κατασκευές καθώς και στις μονοκατοικίες, μια και εκεί η δυνατότητα αυτονομίας είναι δεδομένη. Επειδή, στην περίπτωσή μας μελετάται μονοκατοικία και λόγω του ότι το σύστημα που χρησιμοποιεί βιομάζα είναι ανάλογο με αυτό του δισωλήνιου συστήματος, θα περιγραφεί εκτενέστερα.

Συγκεκριμένα, το δισωλήνιο σύστημα περιλαμβάνει για τη τροφοδοσία των θερμοπομπών τον σωλήνα προσαγωγής (γνωστός και ως σωλήνας ζεστού νερού) και τον σωλήνα επιστροφής μέσω του οποίου το νερό που έχει χάσει μέρος της θερμότητας του επιστρέφει στον λέβητα για να επαναθερμανθεί.

Στο δισωλήνιο σύστημα θέρμανσης έχουμε παράλληλη σύνδεση των θερμαντικών σωμάτων προς το δίκτυο σωληνώσεων και για το λόγο αυτό είναι αναγκαία και η ύπαρξη κατακόρυφων στηλών τροφοδότησης των σωμάτων οι οποίες ενώνονται σε ένα κεντρικό οριζόντιο σύστημα για να καταλήξουν στους αντίστοιχους συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής στο χώρο του λεβητοστασίου. Για την πληρέστερη κατανόηση του συστήματος προσφέρεται η εικόνα 3.1.



Εικόνα 1. Τυπική εγκατάσταση δισωλήνιου συστήματος θέρμανσης
Πηγή: «Ηλεκτρο-μηχανολογικές εγκαταστάσεις», Α.Χονδρογιάννη

3.2.Εγκαταστάσεις θέρμανσης αερίων καυσίμων



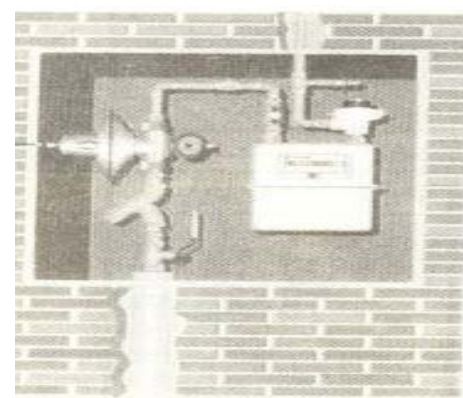
Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο που υπάρχει στη φύση, αποτελούμενο κατά βάση από μεθάνιο (CH_4) και σε μικρότερες αναλογίες από άλλα αέρια, όπως αιθάνιο και βαρύτερους υδρογονάνθρακες και μη-καύσιμα αέρια όπως το άζωτο. Οι αναλογίες των συστατικών ποικίλουν ανάλογα με την προέλευση. Με τον όρο φυσικό αέριο, γενικά, θεωρείται το αέριο καύσιμο που εξάγεται από τη γη και μεταφέρεται με αγωγούς σε αέρια κατάσταση, μέχρι τα σημεία κατανάλωσής.

Φυσικό Αέριο που επίσης εξάγεται από τη γη αλλά υγροποιείται με ψύξη σε θερμοκρασία -160°C . Η υγροποίηση του φυσικού αερίου διευκολύνει τη μεταφορά του με πλοία σε μεγάλες αποστάσεις. Επίσης επιτρέπει την αποθήκευσή του σε σχετικά μικρούς χώρους μια και καταλαμβάνει μόνο το 1/600 του όγκου ισοδύναμης ποσότητας αερίου σε θερμοκρασία και πίεση περιβάλλοντος.

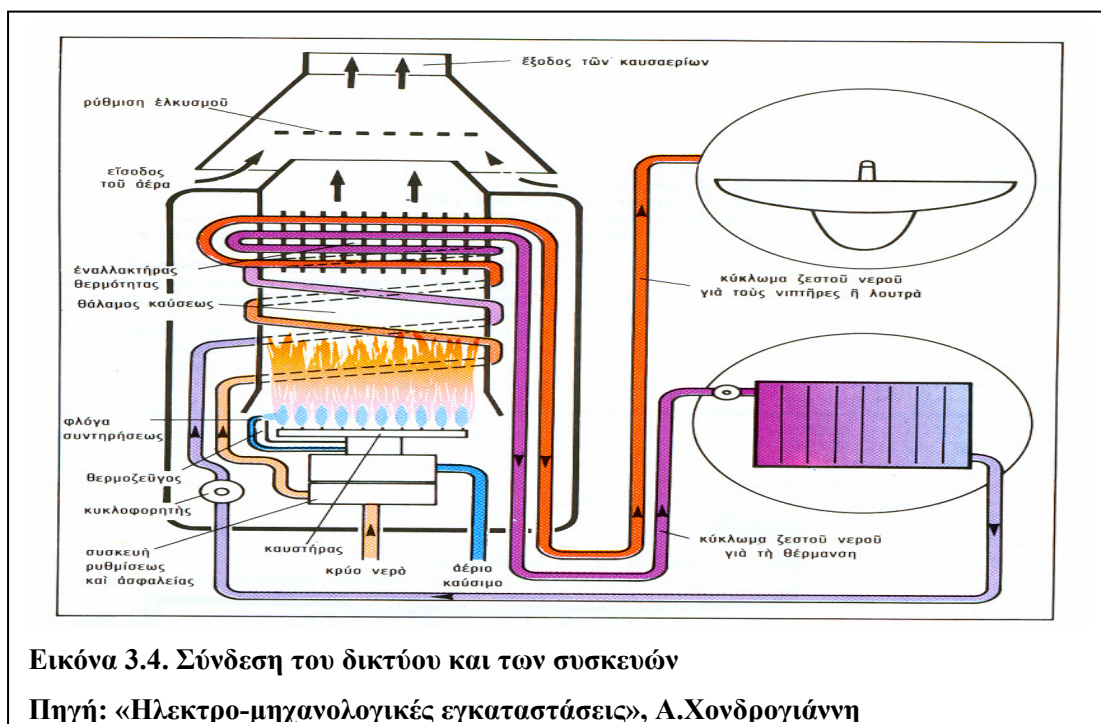
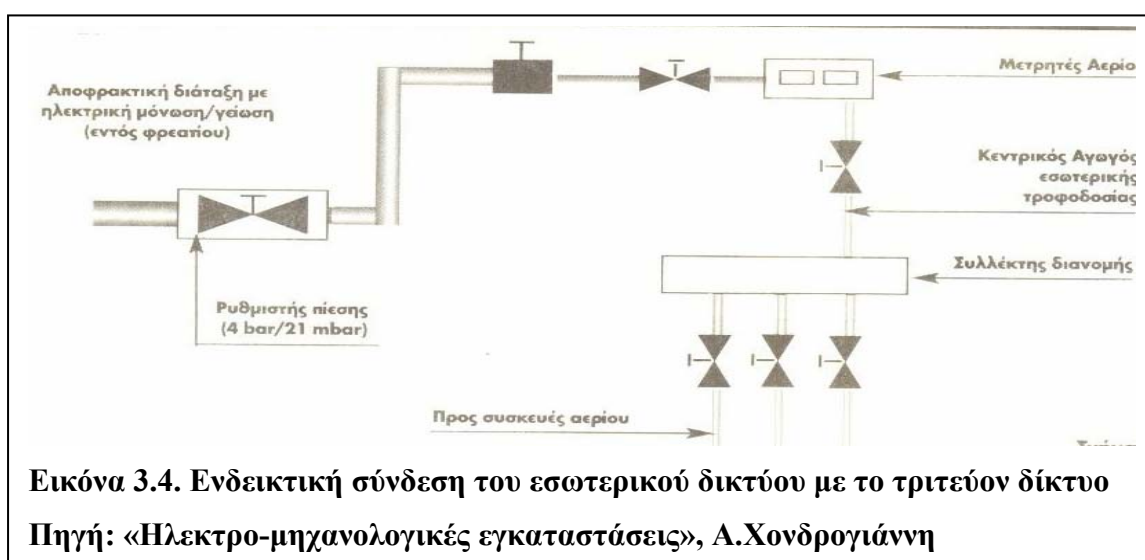
Με την υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο, κυρίως στις οικιακές και εμπορικές χρήσεις, θα αποφευχθούν οι απώλειες μετατροπής του σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς και στη μεταφορά της. Η χρησιμοποίηση φυσικού αερίου σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε 52-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Λόγω της "καθαρότητας" των προϊόντων καύσης του φυσικού αερίου, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές χωρίς την παρεμβολή εναλλακτών που έχουν ως συνέπεια ενεργειακές απώλειες.

Η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη του φυσικού αερίου κυμαίνεται από 9000 - 11000 kcal/Nm³. Η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη του υγραερίου είναι υψηλότερη 23000 - 30000 Kcal/Nm³. Αυτό σε συνδυασμό με την διαφορετική σχετική πυκνότητα των δύο καυσίμων, σημαίνει ότι το φυσικό αέριο και το υγραέριο δεν είναι μεταξύ τους εναλλάξιμα, δηλαδή δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το ένα σε καυστήρες που είναι σχεδιασμένοι για την καύση του άλλου.

Συγκεκριμένα για το φυσικό αέριο, απαιτείται η ύπαρξη δικτύου και η σύνδεση του με τον μετρητή του καταναλωτή (όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα 3.2) και με τους αγωγούς τροφοδοσίας. Στην εικόνα 3.3. φαίνεται μια ενδεικτική σύνδεση του εσωτερικού δικτύου με το τριτεύον δίκτυο ενώ στην εικόνα 3.4 παρουσιάζεται με απλό τρόπο η σύνδεση του δικτύου και των συσκευών.



Εικόνα 3.2. Μετρητής φυσικού αερίου
Πηγή: «Ηλεκτρο-μηχανολογικές εγκαταστάσεις», Α.Χονδρογιάννη



3.3. Ηλεκτρικά συστήματα κλιματισμού



Ολοένα και μεγαλύτερο έδαφος κερδίζουν , κυρίως στη χώρα μας, τα κλιματιστικά που χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα, μια και καλύπτουν ανάγκες όχι μόνο θέρμανσης αλλά και ψύξης. Η εγκατάστασής τους είναι σχετικά εύκολη και δεν καταλαμβάνεται μεγάλος χώρος όπως συμβαίνει με τους λέβητες, τη δεξαμενή πετρελαίου κτλ. Επίσης, παρέχουν ανεξαρτησία και ευελιξία στον καταναλωτή διότι για την παροχή της ενέργειας που απαιτείται υπάρχει ήδη έτοιμο το δίκτυο (κοινό δίκτυο της Δ.Ε.Η.) και η ρύθμιση της κατανάλωσης καθορίζεται αποκλειστικά από αυτόν.

Τα κλιματιστικά διακρίνονται στους ακόλουθους τύπους:

- i. Τύπο τοίχου με απόδοση από 8.000 έως 25.000 BTU/h και κόστος από 500 έως 1500 € περίπου
- ii. Τύπο ντουλάπα με απόδοση στα 50.000 BTU/h και κόστος 2600-3000 € περίπου.
- iii. Τύπο κασέτα με απόδοση 26.000 και 48.000 BTU/h και κόστος 2.500 έως 3500 € περίπου.
- iv. Τύπο καναλάτο με απόδοση 50.000 και 58.000 BTU/h και κόστος 3000 έως 3500 € περίπου.

Ο κλιματισμός με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται ως η πιο άνετη λύση για το πρόβλημα της θέρμανσης μιας οικίας. Η διαδικασία, όμως, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η μετατροπή της σε θερμική αφήνει περιθώρια για μεγάλες απώλειες κατά τη μετατροπή από τη μία μορφή στην άλλη. Στη διαδικασία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, εστιάζεται και το περιβαλλοντικό κόστος που συνεπάγεται η χρήση κλιματιστικών για τη θέρμανση.

4. Παραδοχές Συστήματος και περιγραφή κατάστασης

4.1. Περιγραφή λογισμικού πακέτου

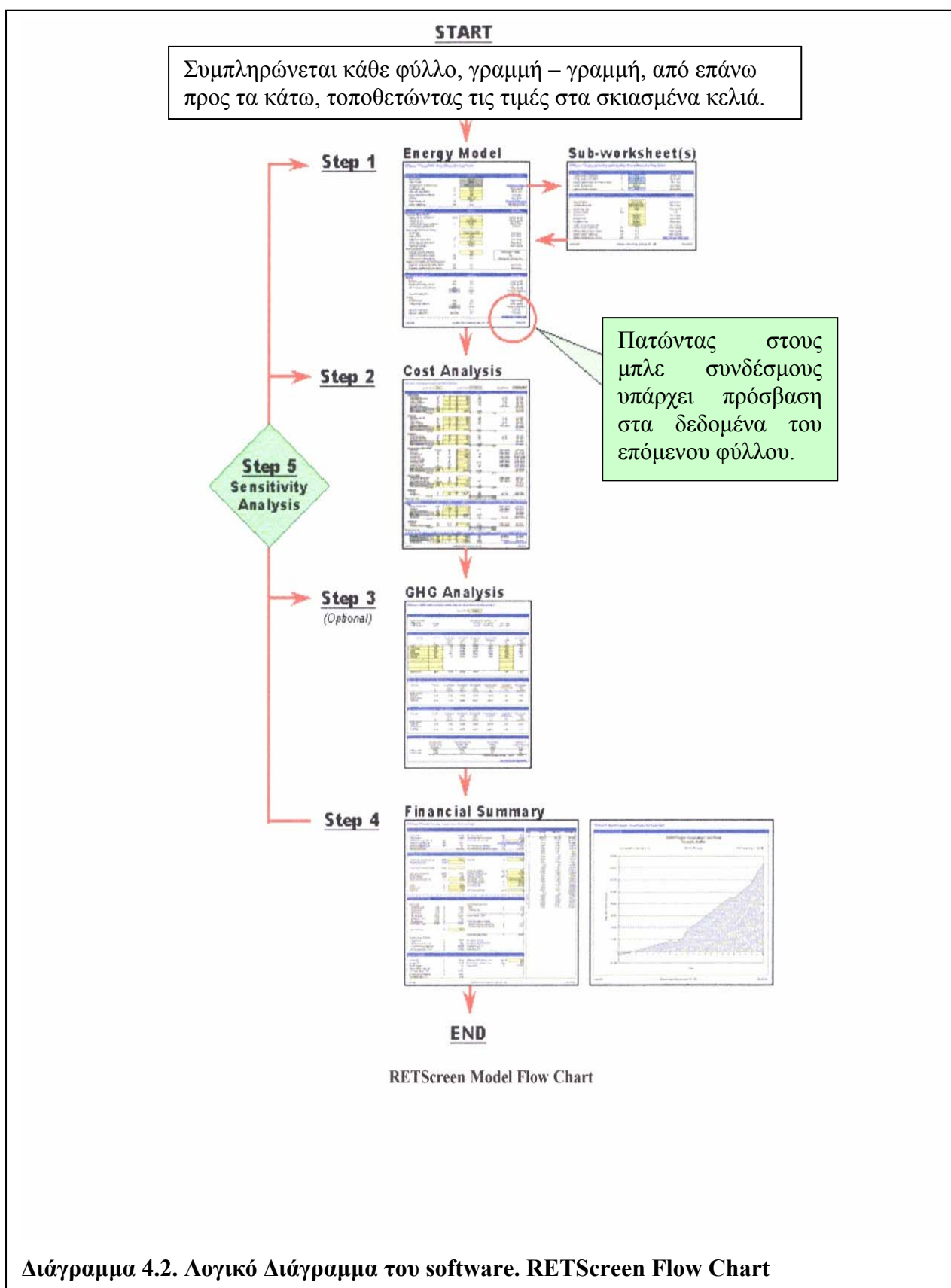
Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την ανάλυση των σεναρίων είναι το RETScreen, ένα τυποποιημένο και ολοκληρωμένο λογισμικό πακέτο ανάλυσης project ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. Το RETScreen μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε στον κόσμο για την εκτίμηση της παραγωγής ενέργειας, τους κόστους κύκλου ζωής (LCA), και τη μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου για διάφορες τεχνολογίες ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. Το πρόγραμμα διατίθεται δωρεάν από την Κυβέρνηση του Καναδά μέσω του CEDRL του τμήματος Φυσικών Πόρων του Καναδά. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στη δημιουργία του προγράμματος έχουν συνεισφέρει πάνω από 85 ειδικοί και έχουν συνεργαστεί σε αυτό μεγάλοι φορείς όπως το UNEP και η NASA.

Αναλυτικότερα πρόκειται για ένα μοντέλο σε περιβάλλον EXCEL, που ακολουθεί την εξής μεθοδολογία.

Στο πρώτο **βήμα 1** αρχικά δέχεται τα χαρακτηριστικά του **ενεργειακού μοντέλου**, δηλαδή του προς εξέταση συστήματος θέρμανσης, κατόπιν τις συνθήκες της περιοχής (μετεωρολογικά δεδομένα), και τη βασική κατάσταση του συστήματος θέρμανσης και του φορτίου θέρμανσης. Επίσης, μπορεί να δεχτεί στοιχεία για την σχεδίαση δικτύου θέρμανσης σε μια καθορισμένη περιοχή, όπως σε μια πολυκατοικία ή σε ένα σύμπλεγμα κατοικιών. Σε επόμενο φύλλο του, **βήμα 2**, μπορεί να δεχτεί δεδομένα για την εκπόνηση **ανάλυσης κόστους**, όπως το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας, την ανάπτυξη, την μηχανική του έργου, τον εξοπλισμό για τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, λειτουργικά και διοικητικά κόστη, το κόστος των καυσίμων και φυσικά κόστος συντήρησης του έργου.

Με βάση τα στοιχεία που έχουν δοθεί στο μοντέλο, υπολογίζονται και παρατίθενται προαιρετικά, σε επόμενα φύλλα, **βήμα 3, η ανάλυση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου (GHG Analysis)** Τελικά, στο **βήμα 4** γίνεται η **οικονομική ανάλυση** όπου παρουσιάζεται και σε διάγραμμα αθροιστικά η ταμειακή ροή. Στο σημείο αυτό είναι δυνατή η εισαγωγή πίστωσης λόγω μείωσης των εκπεμπόμενων CO₂ ή η χρηματοδότηση για την εισαγωγή ανανεώσιμων μορφών ενέργειας ως αποτέλεσμα

πολιτικής κινήτρων για τη εξάπλωση της χρήσης τέτοιων τεχνολογιών. Στην επόμενη σελίδα παρατίθεται λογικό διάγραμμα ροής της λειτουργίας του προγράμματος..



Όπως, γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω αλλά και από την χρήση του, το RETScreen παρουσιάζει τα ακόλουθα **πλεονεκτήματα**.

- Είναι ένα εγκεκριμένο και τυποποιημένο «εργαλείο» που φέρει τη «σφραγίδα» επώνυμων οργανισμών
- Έχουν κυκλοφορήσει παρόμοια «εργαλεία» του RETScreen και για άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, άρα υπάρχει μια συνολική εμπειρία σε τέτοια θέματα. Δεν είναι ένα τυχαίο υπολογιστικό πακέτο.
- Χρησιμοποιεί περιβάλλον EXCEL, ένα οικείο περιβάλλον software, το οποίο μας δίνει άνεση στη χρήση.
- Παρέχεται δωρεάν, το οποίο σημαίνει ότι μειώνει τις δαπάνες και της συγκεκριμένης εργασίας αλλά και οποιουδήποτε χρήστη, καθιστώντας το προσιτό και δίνοντας του την ευκαιρία να αποτελέσει εργαλείο ευρέως διαδεδομένο. Η εξάπλωση της χρήσης οδηγεί στην ανακάλυψη σημείων προς βελτίωση άρα και μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης καλύτερων εκδόσεων στο μέλλον.
- Μπορεί να χρησιμοποιήσει on-line δεδομένα καθιστώντας το συνεχώς σύγχρονο και ενημερωμένο.
- Λειτουργεί σχετικά απλά και δίνει άμεσα αποτελέσματα
- Λαμβάνει υπόψη του αρκετές παραμέτρους προσεγγίζοντας πιο σφαιρικά και ολοκληρωμένα το κάθε πρόβλημα.

Πέρα από τα πλεονεκτήματα όμως, το συγκεκριμένο πρόγραμμα έχει και **μειονεκτήματα** όπως τα επόμενα.

- Η ύπαρξη πολλών παραμέτρων πολλές φορές κάνει το πρόγραμμα να χάνει την άνεση στη χρήση, καθώς πρέπει να ληφθούν πολλά υπόψη και να συγκεντρωθούν αρκετές πληροφορίες
- Πολλά από τα «κελιά» του προγράμματος είναι «κλειδωμένα», με αποτέλεσμα να τίθενται περιορισμοί παρά τις πολλές παραμέτρους που διαθέτει
- Δεν είναι εύκολη η αντιγραφή και μεταφορά στοιχείων κατευθείαν από το αρχείο σε άλλο αρχείο Excel ή Word.
- Λόγω, των πολλών παραμέτρων και του γεγονότος ότι το πρόγραμμα έχει προβλεφθεί για μεγάλες εφαρμογές βιομάζας, είναι αναγκαστικό πολλές φορές να γίνονται απλοποιήσεις, να «ακυρώνονται» επιλογές συγκεκριμένων παραμέτρων προκειμένου αυτό να εφαρμοστεί σε μικρότερες περιπτώσεις όπως, η οικία που μελετάμε

- Το παραπάνω οδηγεί πολλές φορές σε αστάθεια του συστήματος, δηλαδή την δημιουργία της ιδιότητας μόχλευσης ορισμένων παραμέτρων, όπου με μικρές αλλαγές στις τιμές τους επέρχεται μεγάλη διαφορά στα αποτελέσματα

Τα μειονεκτήματα, δεν είναι αμελητέα, αλλά με προσεκτική χρήση και απόκτηση εμπειρίας μπορούν να αποφευχθούν τα δυσάρεστα αποτελέσματα που συνεπάγονται. Με τον τρόπο αυτό και με πολλές δοκιμές για την ακρίβεια και την ορθότητα των αποτελεσμάτων, η επιλογή του συγκεκριμένου υπολογιστικού πακέτου, λαμβάνοντας υπόψη και τα σημαντικά πλεονεκτήματά του, μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής.

Στις επόμενες παραγράφους παρατίθενται τα στοιχεία εισόδου τα οποία θεωρούνται σταθερά για κάθε περίπτωση που μελετάται και κατόπιν τα διαφορετικά σενάρια που αναπτύσσονται με βάση την μεταβολή των παραμέτρων που θα καθοριστούν.

4.2.Συνθήκες Περιοχής – Θερμοκρασία

Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται προέρχονται από μια βάση δεδομένων από παρατηρητήριο που βρίσκεται στην Αθήνα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί ως δείκτη μια θερμοκρασία που αντιπροσωπεύει την ελάχιστη θερμοκρασία που έχει μετρηθεί σε μια συχνότητα πάνω από 1% για ένα χρόνο. Η θερμοκρασία αυτή χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης. Στην περίπτωση που μελετάται η τιμή αυτή λαμβάνεται ως 0.

Με βάση τα παραπάνω το πρόγραμμα υπολογίζει συνολικά για το έτος τις ημέρες που βρέθηκαν να έχουν θερμοκρασία κάτω από 18°C, αθροίζοντας τις βαθμονομημένες κατά μήνα ημέρες που θέσαμε. Για παράδειγμα τον μήνα Ιανουάριο μετρήθηκαν για κάθε μέρα πόσους βαθμούς κάτω από 18°C ήταν η θερμοκρασία και αθροίστηκαν οι βαθμοί για κάθε ημέρα δίνοντας για το μήνα αυτό την τιμή 282. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 4.1., το άθροισμα τους για όλο το χρόνο θα είναι 1159.

Μήνας	Θερμοκρασία κάτω από 18°C	Μήνας	Θερμοκρασία κάτω από 18°C	Μήνας	Θερμοκρα σία κάτω από 18°C
Ιανουάριος	282	Μάιος	0	Σεπτέμβριος	0
Φεβρουάριος	240	Ιούνιος	0	Οκτώβριος	9
Μάρτιος	205	Ιούλιος	0	Νοέμβριος	117
Απρίλιος	84	Αύγουστος	0	Δεκέμβριος	223

Πίνακας 4.1. Θερμοκρασίες κάτω των 18° C για κάθε μήνα

Το πρόγραμμα υπολογίζει κατόπιν τις **ισοδύναμες ώρες πλήρους φορτίου**, οι οποίες καθορίζονται ως η ετήσια ζήτηση για ενέργεια διαιρεμένη με το φορτίο θέρμανσης σε ώρες αιχμής. Η τιμή αυτή μετρίεται σε ώρες και είναι ισοδύναμη με τον αριθμό των ωρών για τις οποίες θα έπρεπε να λειτουργεί ένα σύστημα θέρμανσης αποδίδοντας φορτίο ίσο με αυτό που απαιτείται σε ώρες αιχμής, προκειμένου να καλύψει την ετήσια ζήτηση σε θερμικό φορτίο. Στην περίπτωση που μελετούμε οι ώρες αυτές ανέρχονται σε 1.306.

4.3. Βασική κατάσταση Συστήματος Θέρμανσης και Φορτίου Θέρμανσης

Το σύστημα που μελετάται είναι οικία 120 τ.μ. στα περίχωρα της Αθήνας. Όσον αφορά το Βασικό Σύστημα Θέρμανσης, η οικία αυτή διαθέτει σύστημα κεντρικής θέρμανσης αποτελούμενο από σωλήνες μήκους 60μ και καυστήρα ο οποίος λειτουργεί με πετρέλαιο και ο οποίος έχει ισχύ 16.000 kcal/h ή αλλιώς 18,8 kWatts. Στη μελέτη εγκατάστασης η απαιτούμενη ισχύς των θερμαντικών σωμάτων βρέθηκε 12459,37 kcal/h. Όμως, λήφθηκε υπόψη προσαύξηση 30% για την κάλυψη των απωλειών του λέβητα, των σωληνώσεων και την επιτάχυνση κατά την έναρξη λειτουργίας και έτσι προέκυψε η τιμή των περίπου 19 kWatts για την ισχύ του καυστήρα. Θεωρούμε δηλαδή ότι η απόδοση του συστήματος θέρμανσης είναι περίπου 70%.

Δεδομένου ότι απαιτούνται περί τα 12500 kcal/h δηλαδή 14,5 kwatts για τη θέρμανση 120τ.μ έχουμε ότι το φορτίο θέρμανσης που χρειάζεται είναι ίσο με $14500 \text{ W} / 120 \text{ m}^2 = 120 \text{ W/m}^2$ περίπου. Το μοντέλο υπολογίζει ότι η ζήτηση σε ενέργεια για

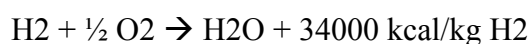
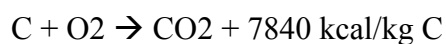
θέρμανση είναι ίση με 16MWh και το συνολικό φορτίο θέρμανσης αιχμής είναι ίσο με 12 kW. Επίσης, υπολογίζεται ότι για το σκοπό αυτό θα πρέπει να καταναλωθούν ετησίως 2085 lt πετρελαίου τα οποία για μια τιμή 0,35 €/lt θα στοιχίζουν 803€. Τα παραπάνω αποδίδονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Επιφάνεια οικίας	120 τ.μ.
Μήκος Σωληνώσεων	60 μέτρα
Τύπος καυσίμου	Πετρέλαιο
Απόδοση συστήματος θέρμανσης	70%
Απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης	120 W/m ²
Ετήσια ζήτηση ενέργειας για θέρμανση	19 MWh
Συνολικό φορτίο θέρμανσης αιχμής	12 kW
Κατανάλωση πετρελαίου	2293 lt
Κόστος πετρελαίου θέρμανσης	0,35 €/lt
Κόστος πετρελαίου	803 €

Πίνακας 4.2. Στοιχεία συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο

4.4.Απόδοση βιομάζας

Η θερμαντική αξία ενός καυσίμου είναι το μέγιστο ποσό ενέργειας που εκλύεται κατά την πλήρη καύση μιας ποσότητας του υλικού αυτού και εκφράζεται σε Kcal/Kg ή KJ/Kg. Τα καύσιμα στοιχεία της βιομάζας είναι ο άνθρακας και το υδρογόνο. Η πλήρης καύση των στοιχείων αυτών παράγει θερμότητα, όπως φαίνεται και από τις ακόλουθες αντιδράσεις:



Η σύσταση της δασικής βιομάζας συμπεριλαμβανομένου όχι μόνο του ξύλου αλλά και του φλοιού, των φύλλων και των ριζών είναι η ακόλουθη:

1. Πολυσακχαρίτες
2. Κυτταρίνη $C_6H_{10}O_5$
3. Ημικυτταρίνες $C_6H_{10}O_5C_5H_8O_4$
4. Λιγνίνη $C_9H_{10}O_3-COCH_3$
5. Διάφορα εκχυλίσματα (φαινολικές ενώσεις, λίπη, έλαια κλπ.)
6. Μικρές ποσότητες ανόργανων στοιχείων π.χ. τέφρα



Φωτό 4.1. Πεύκη η χαλέπιος

Η θερμαντική αξία για τα διάφορα είδη ξύλου κυμαίνεται στα 3900-5100 kcal/kg. Το ξύλο των κωνοφόρων έχει μεγαλύτερη θερμαντική αξία από το ξύλο των πλατύφυλλων και αυτό γιατί περιέχει ρητίνη της οποίας η θερμαντική αξία είναι μεγάλη, γύρω στα 8500 kcal/kg. Ένα από τα πιο διαδεδομένα είδη στην αγορά καυσόξυλων είναι το πεύκο (πεύκη η χαλέπιος)

το οποίο έχει μέση θερμαντική αξία 4831 kcal/kg με τέφρα. Η θερμαντική αξία και το ποσοστό τέφρας για κάθε είδος δέντρου είναι ο μέσος όρος των αντίστοιχων τιμών του πρέμνου, του μέσου ύψους της κορυφής και των κλαδιών. Η τέφρα στην περίπτωση μας είναι 0,54%.

Δεδομένου ότι 0,24 cal ισοδυναμούν με ένα Joule προκύπτει ότι το ξύλο πεύκου που θα χρησιμοποιήσουμε και στη μελέτη μας έχει θερμαντική αξία 20129,16kJ/kg. Η αξία αυτή φαίνεται μεγάλη διότι δεν έχει υπολογιστεί η υγρασία που περιέχεται και μειώνει αισθητά την θερμογόνο δύναμη. Επιλέγοντας στο πρόγραμμα ως καύσιμη βιομάζα το φυτάνθρακα (peat), ο οποίος εμφανίζει τη μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη που διαθέτει το πρόγραμμα και η οποία είναι ίση με 20,147 MJ/t, πρέπει να επιλέξουμε και το αντίστοιχο ποσοστό υγρασίας. Αν η υγρασία υπολογιστεί σε 30% τότε η θερμογόνος δύναμη περιορίζεται στα 13.368 MJ/t. Η τιμή της στην αγορά ξύλου κυμαίνεται γύρω στα 10 λεπτά το κιλό ήτοι 100 €/t.

Το σύστημα θέρμανσης βιομάζας που επιλέγουμε, αποδίδει λαμβάνοντας υπόψη την υγρασία της ξυλείας 13.368 MJ/t χρησιμοποιώντας λέβητα ισχύος 10 kW. Δεν αναφέρεται για ευνόητους λόγους ούτε κατασκευαστής, ούτε μοντέλο του καυστήρα. Θεωρώντας ότι ο καυστήρας έχει εποχιακή απόδοση 80%, η ενέργεια που παρέχεται από τη χρήση βιομάζας είναι 18 MWh.

4.5. Εκπομπές αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο θερμοκηπίου

Όσον αφορά τα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι χρησιμοποιείται πετρέλαιο ως καύσιμο κατά 100% προκύπτουν τα ακόλουθα στοιχεία όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.3.

Τύπος καυσίμου	Πετρέλαιο 100%
Συντελεστής εκπομπής CO₂	74,1 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH₄	0,0020 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N₂O	0,0020 kg/GJ
Απόδοση μετατροπής καυσίμου	30%
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,384 tsCO ₂ /MWh
Ετήσια εκπομπή GHG	7,296 ts CO ₂

Πίνακας 4.3. Εκπομπές GHG για σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο

Τύπος καυσίμου	Συντελεστής εκπομπής CO₂ (kg/GJ)	Συντελεστής εκπομπής CH₄ (kg/GJ)	Συντελεστής εκπομπής N₂O (kg/GJ)	Απόδοση μετατροπής καυσίμου (kg/GJ)
Κάρβουνο	94,6	0,0020	0,0030	35%
Φυσικό αέριο	56,1	0,0030	0,0010	45%
Πυρηνική	0	0	0	-
Μεγάλο Υδροηλεκτρικό	0	0	0	-
Πετρέλαιο #6	77,4	0,0030	0,0020	30%
Πετρέλαιο θέρμανσης	74,1	0,0020	0,0020	30%
Γεωθερμία	0	0	0	-
Βιομάζα (ξύλο)	0	0,0320	0,0040	25%
Μικρό υδροηλεκτρικό	0	0	0	-
Άνεμος	0	0	0	-
Ηλιακή ενέργεια	0	0	0	-
Προπάνιο	63,1	0,0010	0,0010	45%

Πίνακας 4.4. Προκαθορισμένες τιμές των συντελεστών εκπομπών για διάφορους τύπους καυσίμων [Fenhann, J., 1999], [Fenhann, J., 2000] and [The Danish Energy Agency, 1999]

Το μοντέλο παρέχει τους συντελεστές εκπομπής CO₂,CH₄,N₂O, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τη ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται ανά μονάδα ενέργειας. Οι συντελεστές αυτοί ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο και την ποιότητα καυσίμου αλλά και τον τύπο και μέγεθος μονάδας ενέργειας. Για κάθε τύπο καυσίμου οι μονάδες δίνονται σε Kgr εκπεμπόμενων αερίων ανά GJ ενέργειας θέρμανσης που παράγεται. Οι προκαθορισμένες τιμές των συντελεστών εκπομπών για διάφορους τύπους καυσίμων δίδεται στον πίνακα 4.4.

4.6. Ανάλυση Κόστους

Οι κύριες δαπάνες μπορούν να διαχωριστούν σε **αρχικές** οι οποίες αφορούν τα πάγια έξοδα που σχετίζονται με την εγκατάσταση του συστήματος και την έναρξη της λειτουργίας του και σε **ετήσιες** οι οποίες αφορούν τη συντήρηση-λειτουργία στην οποία εντάσσονται και η απαιτούμενη καύσιμη ύλη.

Όσον αφορά τις **αρχικές δαπάνες**, έχουμε:

1. Ανάλυση σκοπιμότητας
2. Ανάπτυξη του έργου
3. Μηχανική έργου
4. Εξοπλισμός για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα
5. Εξοπλισμός για την ισορροπία του συστήματος θέρμανσης
6. Διάφορα όπως εκπαίδευση, απρόοπτα κτλ.

Για λόγους που αφορούν την ισότιμη εξέταση των παραμέτρων κόστους για κάθε σενάριο, αλλά και τις πιθανές διακυμάνσεις των τιμών ανάλογα με τον τόπο και το χρόνο στον οποίο εξετάζονται επιλέγουμε στο πρόγραμμα να μην λάβουμε υπόψη τα κόστη που συνεπάγονται η μελέτη σκοπιμότητας, η ανάπτυξη, η μηχανική του έργου. Επειδή η μελέτη γίνεται για την περίπτωση όπου έχουμε 1 οικία για την οποία δεν απαιτούνται ιδιαίτερες επισκέψεις ειδικών αλλά και πρόσθετα διοικητικά ή εκπαιδευτικά έξοδα, τα αντίστοιχα κόστη λαμβάνουν την τιμή μηδέν.

Ο εξοπλισμός για παραγωγή της ενέργειας που προέρχεται από βιομάζα αποτελείται από το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα, κοινώς τον καυστήρα και την συνολική εγκατάσταση που απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας από τον καυστήρα σε όλο το προς θέρμανση χώρο. Για να υπάρξει ομοιογένεια στην εξέταση των περιπτώσεων θεωρούμε ένα κόστος της τάξης των 140 € για κάθε kW και με τον αντίστοιχο πολλαπλασιασμό υπολογίζουμε το κόστος του καυστήρα. Με παρόμοιο τρόπο

υπολογίζουμε και το κόστος της συνολικής εγκατάστασης για την οποία αντιστοιχούμε 70€ για κάθε kW. Επίσης, χρεώνονται 1000€ για τα έξοδα μετακίνησης που τυχόν απαιτούνται για την δημιουργία της εγκατάστασης του συστήματος βιομάζας.

Ο εξοπλισμός για την ισορροπία του συστήματος θέρμανσης είναι το σύστημα θέρμανσης που απαιτείται για να καλύψει την ζήτηση σε ενέργεια θέρμανσης. Οι δαπάνες που αναφέρονται σε αυτό περιλαμβάνουν το κόστος του συστήματος, της εγκατάστασης του και την οικοδόμηση χώρου για αυτό αν κάτι τέτοιο απαιτείται. Το σύστημα που θα εξισορροπεί και θα καλύπτει την ζήτηση μπορεί να είναι σύστημα θέρμανσης πετρελαίου, ηλεκτρικά σώματα (αερόθερμα-aircondition) ή φυσικό αέριο. Σε κάθε περίπτωση το κόστος ανά kW μεταβάλλεται καθώς και η απόδοσή του επιτρέποντας μας να συγκρίνουμε τους διάφορους συνδυασμούς και να συνάγουμε συμπεράσματα σχετικά με το ποια είναι η βέλτιστη χρήση. Τα κόστη αυτά μπορούν να θεωρηθούν ότι πιστώνονται από τη στιγμή που αυτά προϋπάρχουν σε κάθε οικία που μελετάμε. Στη περίπτωση μας, το υπάρχον σύστημα ισχύος 19 kW, κοστίζει 4000 € και απαιτείται χώρος ο οποίος αξίζει 4000€, αξίες οι οποίες πιστώνονται.

Τέλος, στις διάφορες αρχικές δαπάνες μπορούν να προστεθούν έξοδα εκπαίδευσης τα οποία στην περίπτωση μας θεωρούνται μηδενικά και ένα ποσοστό για κάλυψη εκτάκτων αναγκών το οποίο λαμβάνει την τιμή 10%.

Όσον αφορά τις **ετήσιες δαπάνες** έχουμε:

1. Λειτουργία και διαχείριση
2. Καύσιμα /Ηλεκτρισμός

Αναλυτικότερα, η λειτουργία και διαχείριση περιλαμβάνει τα ανταλλακτικά εξαρτήματα, τα εργατικά κόστη, τα γενικότερα διοικητικά κόστη καθώς και ένα ποσοστό για έκτακτες περιπτώσεις. Από τα παραπάνω, λαμβάνουμε υπόψη στη μελέτη μας τα ανταλλακτικά τα οποία αγγίζουν την τιμή των 180€ και το ποσοστό για τις έκτακτες περιπτώσεις το οποίο λαμβάνεται ίσο με 10%.

Τα καύσιμα στην περίπτωση της βιομάζας διαχωρίζονται ανάλογα με το είδος ξύλου. Το πεύκο το κοστίζει 100€/t, η βελανιδιά 120€/t και η ελιά 140€/t. Χάριν ομοιογένειας και για να είναι πιο διακριτές οι διαφορές που δημιουργούνται στα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μεταβολή των υπόλοιπων συντελεστών, όπως είναι η ύπαρξη οικονομικών κινήτρων ή η μεταβολή της τιμής του πετρελαίου θεωρούμε ότι χρησιμοποιούμε πεύκο.

5. Εφαρμογές Συγκρίσεων του Προγράμματος

5.1. Σύγκριση βιομάζας - πετρελαίου θέρμανσης

5.1.1. Οικονομική Αξιοποίηση

5.1.1.1. Παράλληλη χρήση βιομάζας

Θεωρούμε ότι η οικία χρησιμοποιεί για τη θέρμανσή της το σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο όπως αυτό περιγράφεται στις παραδοχές του συστήματος και είναι και στην πραγματικότητα.

Στον επόμενο πίνακα 5.1. παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ετήσιας παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιώντας το προτεινόμενο σύστημα.

Ετήσια Παραγωγή ενέργειας		Βιομάζα	Φορτίο αιχμής	Συνολικά
Ποσοστό του θερμικού φορτίου αιχμής	%	69,4%	105,6%	175,0%
Δυναμικό θέρμανσης	kW	10	15	25
	Εκατομμύρια BTU/h	0,034	0,052	0,086
Ισοδύναμες πλήρεις ώρες απόδοσης	h	1.831	33	-
Συντελεστής δυναμικού	%	20,9%	0,4%	-
Ποσοστό συνολικής ζήτησης ενέργειας θέρμανσης	%	97,3%	2,7%	100,0%
Αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	MWh	18	1	19
	Εκατομμύρια BTU/h	62	2	64
Απαιτήσεις βιομάζας	ts	6	-	6
Απαιτήσεις καυσίμου θέρμανσης	L	-	58	58

Πίνακας 5.1. Ετήσια παραγωγή ενέργειας με σύστημα βιομάζας και πετρελαίου θέρμανσης

Όπως φαίνεται το σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιεί μόνο βιομάζα αδυνατεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις σε συνθήκες αιχμής και για το λόγο αυτό απαιτείται η χρήση του ήδη υπάρχοντος καυστήρα. Η κατανάλωση βέβαια σε πετρέλαιο είναι πλέον 58 lt επιβαρύνοντας με $58 \times 0,35 = 20,3$ € τον ετήσιο προϋπολογισμό, ποσό το οποίο είναι πάρα πολύ μικρό. Η κατανάλωση σε βιομάζα θα είναι 6 ts και 170 kg τα οποία θα στοιχίσουν 617 €.

Αθροίζοντας σε αυτό το κόστος, το κόστος λειτουργίας και διαχείρισης το οποίο αγγίζει τα 198€ καταλήγουμε ότι τα ετήσια κόστη που συνοδεύουν την επένδυση είναι 835€.

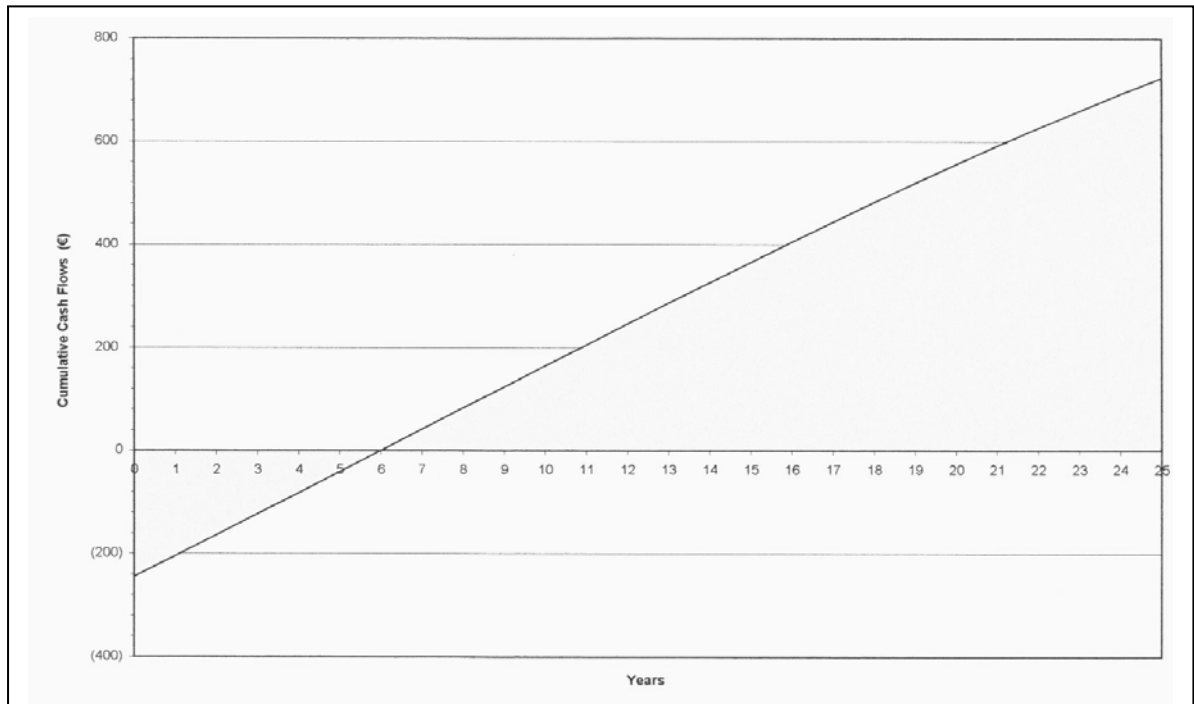
Παρά το γεγονός ότι το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού του συστήματος θέρμανσης με βιομάζα ξεπερνά τα 6000€, τα συνολικά αρχικά κόστη δεν επιβαρύνουν την επένδυση, διότι αφαιρούνται τα κόστη που συνεπάγεται η ύπαρξη του συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο, τα οποία είναι λίγο μεγαλύτερα μια και ο καυστήρας που ήδη υπάρχει είναι μεγαλύτερης ισχύος.

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	(245)	(245)
1	40	(205)
2	41	(164)
3	41	(123)
4	41	(82)
5	41	(41)
6	41	0
7	41	41
8	41	83
9	41	124
10	41	165
11	41	205
12	41	246
13	40	286
14	40	326
15	40	366
16	39	405
17	39	444
18	38	482
19	37	519
20	37	556
21	36	592
22	35	626
23	34	660
24	33	692
25	31	724

Στο διπλανό πίνακα 5.2. παρουσιάζεται η ετήσια ροή κεφαλαίου, όπου όπως είναι φυσικό, αρχικά μέχρι και για το πρώτο έτος, το ποσό είναι αρνητικό και μάλιστα με μεγάλες συγκριτικά τιμές. Οι μεγάλες αυτές τιμές έχουν ως αποτέλεσμα η ετήσια ροή κεφαλαίου αθροιστικά να παραμένει αρνητική μέχρι και τα 6 χρόνια.

Όπως φαίνεται στη γραφική παράσταση που ακολουθεί στο διάγραμμα 5.1, θετική ροή κεφαλαίου, δηλαδή κέρδη από την επένδυση αρχίζουν να εμφανίζονται στα 6 έτη λειτουργίας του συστήματος, χρονικό διάστημα ικανοποιητικό δεδομένου ότι το ποσό που επενδύεται δεν είναι μεγάλο.

Πίνακας 5.2. Ετήσια ροή κεφαλαίου για σύστημα βιομάζας και πετρελαίου θέρμανσης



Διάγραμμα 5.1. Αθροιστική ταμειακή ροή για σύστημα βιομάζας και πετρελαίου θέρμανσης

5.1.1.2. Αποκλειστική χρήση βιομάζας

Πίνακας 5.3.

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	(1.388)	(1.388)
1	43	(1.346)
2	43	(1.302)
3	43	(1.259)
4	44	(1.215)
5	44	(1.171)
6	44	(1.127)
7	44	(1.083)
8	44	(1.038)
9	44	(994)
10	45	(949)
11	44	(905)
12	44	(861)
13	44	(816)
14	44	(772)
15	44	(728)
16	44	(685)
17	43	(641)
18	43	(599)
19	42	(556)
20	42	(514)
21	41	(473)
22	40	(433)
23	39	(394)
24	38	(355)
25	37	(318)
26	36	(282)
27	35	(247)
28	34	(213)
29	32	(181)
30	30	(151)
31	29	(122)
32	27	(96)
33	24	(71)
34	22	(49)
35	20	(30)
36	17	(13)
37	14	2
38	11	13
39	8	20
40	4	25
41	0	25
42	(4)	22
43	(8)	14
44	(12)	1
45	(17)	(16)
46	(22)	(38)
47	(28)	(66)
48	(33)	(99)
49	(40)	(139)
50	(46)	(185)

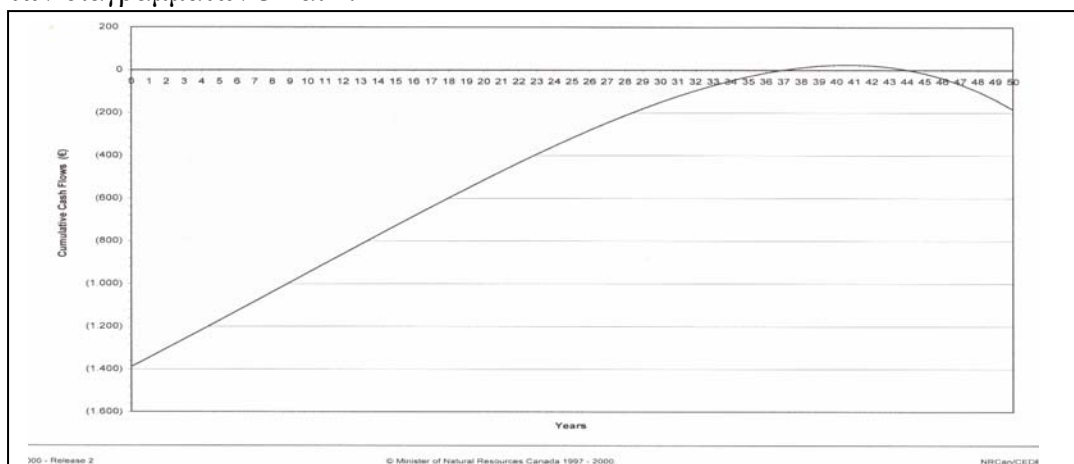
Για να εξαλείψουμε εντελώς τη χρήση πετρελαίου θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για το σύστημα βιομάζας λέβητα ισχύος 15 kW και άνω. Στην περίπτωση αυτή οι ταμειακές ροές μας θα ακολουθούσαν την πορεία που εμφανίζει ο διπλανός πίνακας 5.3.

Όπως, παρατηρείται τα αρχικά ποσά που διατίθενται αποσβένονται στα 36 έτη αλλά από τα 44 έτη και μετά η επένδυση αρχίζει και πάλι να είναι ζημιογόνα. Τα παραπάνω που φαίνονται και από τη γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.2 θα μπορούσαν να ερμηνευθούν ως ότι δεν αξίζει για μια μόνο οικία (των συγκεκριμένων προδιαγραφών) να επενδύσει κανείς σε σύστημα θέρμανσης μόνο με χρήση βιομάζας.

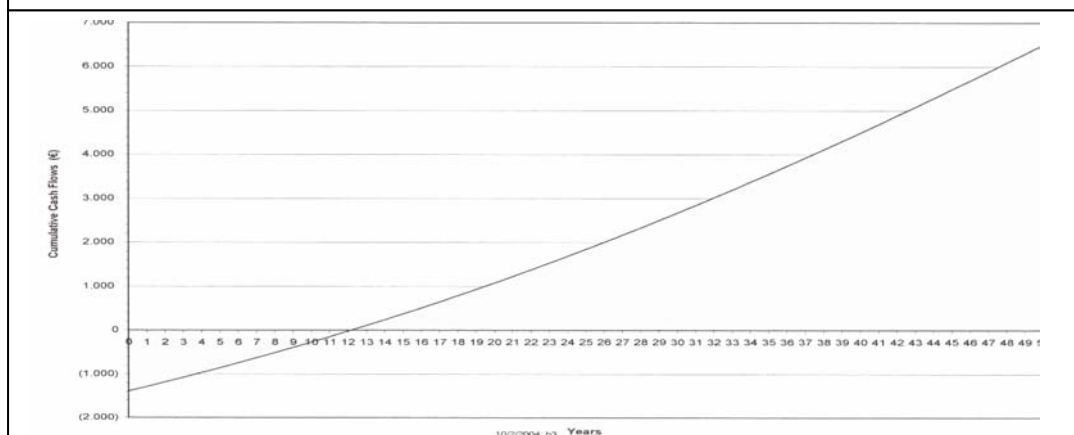
Μελετώντας όμως, ενδεχόμενες αυξήσεις στην τιμή του πετρελαίου, εφαρμόζουμε το μοντέλο στην περίπτωση που το κόστος γίνεται 0,373€/lt και παρατηρούμε ότι αρχίζει να εμφανίζει κέρδη μετά τα 12 έτη.

Εφαρμόζοντας και πάλι διαφορετικές τιμές καταλήγουμε να διαπιστώσουμε ότι για να μπορέσει η επένδυση να αγγίζει τα αποτελέσματα της περίπτωσης όπου έχουμε παράλληλη χρήση συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο, δηλαδή να αρχίζει να εμφανίζει κέρδη από τα 6 έτη, θα πρέπει να φτάσει η τιμή του πετρελαίου

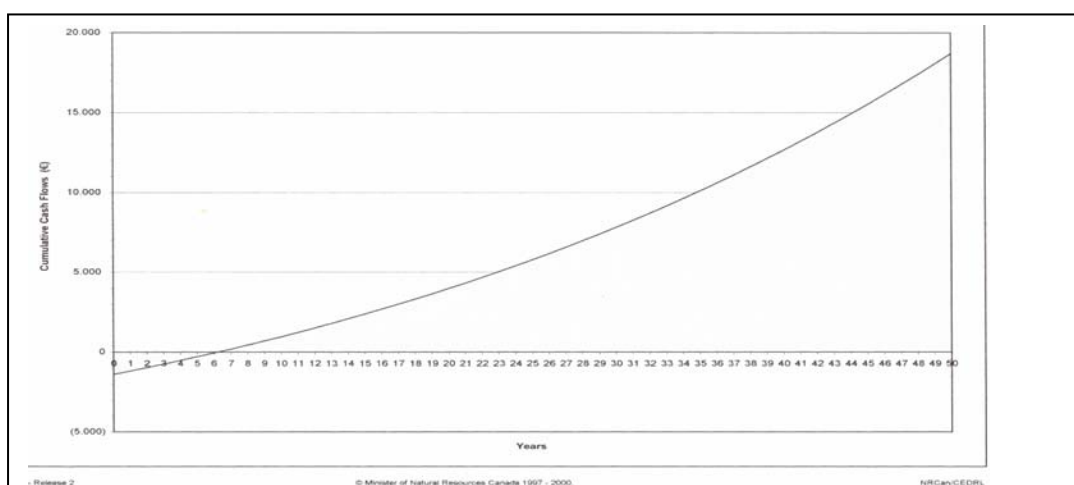
τα 0,415 €/lt. Τα παραπάνω φαίνονται και στις επόμενες γραφικές παραστάσεις των διαγραμμάτων 3 και 4.



Διάγραμμα 5.2. Αθροιστική ταμειακή ροή για σύστημα βιομάζας και πετρελαίου θέρμανσης για τιμή πετρελαίου 0.35€/lt



Διάγραμμα 5.3. Αθροιστική ταμειακή ροή για σύστημα βιομάζας και πετρελαίου θέρμανσης για τιμή πετρελαίου 0,373 €/lt



Διάγραμμα 5.4 Αθροιστική ταμειακή ροή για σύστημα βιομάζας και πετρελαίου θέρμανσης για τιμή πετρελαίου 0,415€/lt

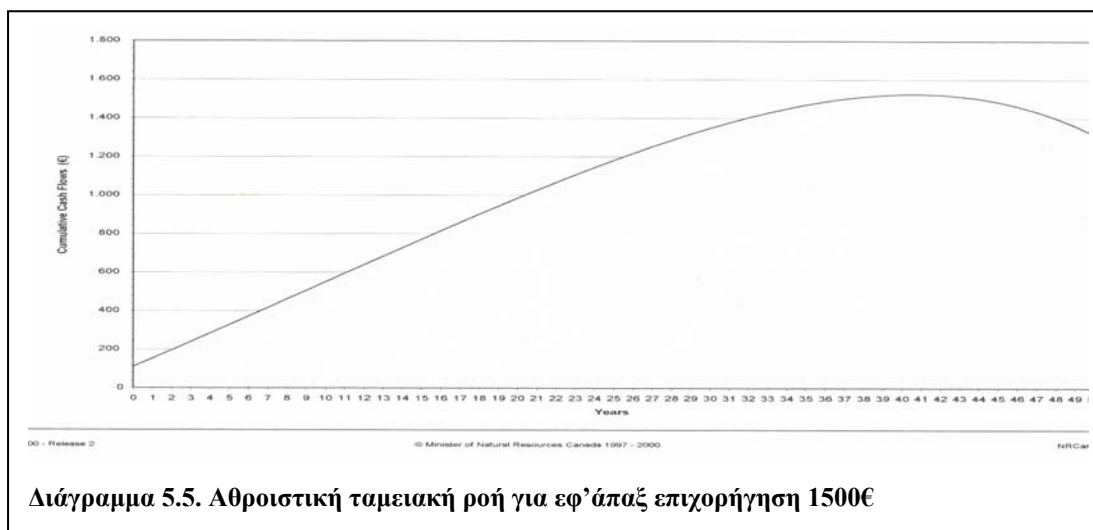
5.1.1.3. Σενάρια οικονομικών κινήτρων

Η αύξηση της τιμής του πετρελαίου δεν μπορεί να αποτελέσει το μοναδικό κριτήριο το οποίο θα ωθήσει προς την κατεύθυνση της χρήσης ήπιων μορφών ενέργειας. Στα πλαίσια μιας γενικότερης πολιτικής μπορούν να εφαρμοσθούν δυο πολιτικές. Η μια είναι η επιδότηση όσων προωθούν – χρησιμοποιούν ήπιες μορφές ενέργειας και η άλλη είναι η χρηματική ανταπόδοση ανάλογα με τους τόνους CO₂ που μειώνει η συγκεκριμένη εφαρμογή.

Είναι γεγονός ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) υπογράφοντας το 1998 το πρωτόκολλο του Κιότο ανέλαβε τη δέσμευση να πετύχει μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, κατά τρόπο αποδοτικό από πλευράς κόστους και οικονομικά αποτελεσματικό κατά 8% (μέση τιμή των χωρών μελών), κατά την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα όρια του 1990. Για το λόγο αυτό δημιούργησε την Οδηγία 2003/87/EK σύμφωνα με την οποία καθιερώνεται σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας.

Στο υπολογιστικό μοντέλο παρέχεται η δυνατότητα να εφαρμόσουμε την μορφή της επιδότησης και να παρατηρήσουμε τις συνέπειες στα αντίστοιχα διαγράμματα.

Για παράδειγμα στον Καναδά δύναται να υπάρξει επιχορήγηση για συγκεκριμένα ανανεώσιμα ενεργειακά συστήματα για θέρμανση της τάξης του 25%. Η συνεισφορά αυτή αγγίζει το 40% όταν πρόκειται για απομακρυσμένες κοινότητες. Παρατηρούμε ότι μια αρχική επιχορήγηση της τάξης των 1500 €, η οποία δίνεται άπαξ και προτίθεται να καλύψει μόνο τα έξοδα για την αγορά και εγκατάσταση του συστήματος, καθιστά το σύστημα μας κερδοφόρο από τη δημιουργία του χωρίς όμως

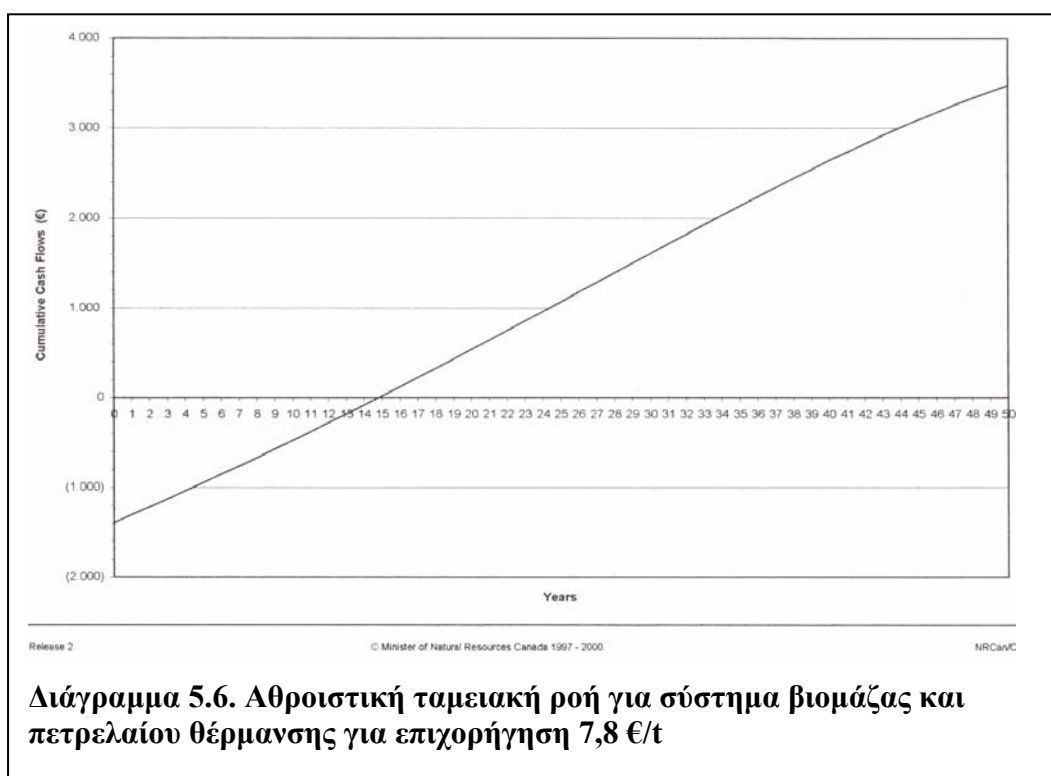


Διάγραμμα 5.5. Αθροιστική ταμειακή ροή για εφ'άπαξ επιχορήγηση 1500€

να μπορέσει να διατηρηθεί. Όπως φαίνεται και από τη γραφική παράσταση στο διάγραμμα 5.5, στα 42 έτη αρχίζει και πάλι η φθίνουσα πορεία των ταμειακών ροών.

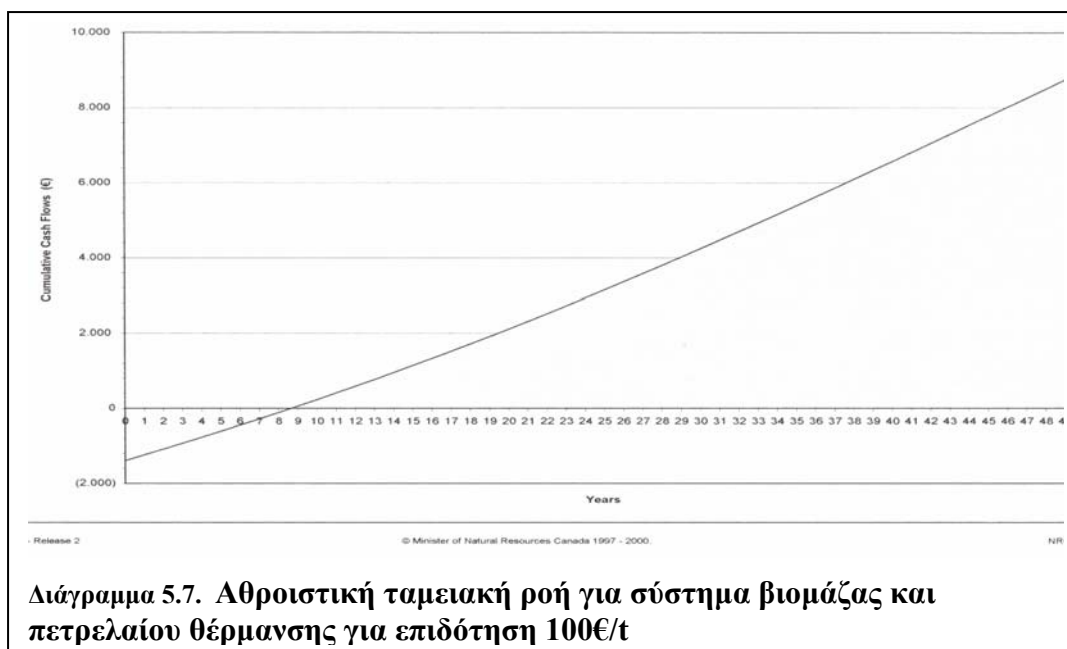
Το μοντέλο που χρησιμοποιούμε μπορεί να υπολογίσει ακόμη και την περίπτωση που δεν υπάρξει αρχική επιχορήγηση αλλά εφαρμοστεί το σύστημα της πληρωμής του χρήστη για κάθε τόνο CO₂ που αποφεύγεται κάθε έτος. Χρησιμοποιεί τα στοιχεία από το φύλλο που υπολογίζει τη μείωση των αερίων που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (GHG) και την τιμή που υπάρχει για το δικαίωμα εκπομπής GHG. Η τιμή αυτή στις ΗΠΑ μπορεί να κυμαίνεται από 4 έως 95 \$ ανά τόνο, με συνηθέστερες τιμές 5 με 8 \$/t. [Sandor, 1999].

Χρησιμοποιώντας τα 7,8 €/t μπορούμε να δούμε ότι η επένδυση αρχίζει να εμφανίζει θετικές ροές στο πρώτο έτος και να γίνεται απόσβεση στα 15 έτη. Όμως, ένα τέτοιο ποσό δεν είναι ικανό να συγκρατήσει την επένδυση και έτσι αυτή στα 50 έτη αρχίζει και εμφανίζει και πάλι αρνητικές ροές όπως φαίνεται και στην κλίση που αρχίζει να παίρνει η γραφική παράσταση στο διάγραμμα 5.6.



Η αύξηση της αποζημίωσης για κάθε τόνο CO₂ που αποφεύγεται μπορεί να οδηγήσει σε νωρίτερα εμφάνιση θετικών αθροιστικών ροών κατορθώνοντας ταυτόχρονα να αποτρέψει την εμφάνιση αρνητικών ταμειακών ροών στα 50 έτη. Στην περίπτωση που εφαρμόσουμε την τιμή των 100€/t, οι θετικές αθροιστικές ροές ξεκινούν στα 9

έτη και συνεχίζουν την αύξουσα πορεία τους, όπως φαίνεται και στην γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.7. Όμως, η τιμή είναι αρκετά υψηλή και για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να εφαρμοστεί μελλοντικά ένα τέτοιο σενάριο..



5.1.2. Περιβαλλοντική Αξιοποίηση

Η οικονομική πλευρά του ζητήματος της χρήσης βιομάζας για θέρμανση δεν μπορεί να είναι η μοναδική έτσι το μοντέλο μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε την συνολική μείωση των GHG που επιτυγχάνεται.

Συγκεκριμένα, για την πρώτη περίπτωση που χρησιμοποιείται βιομάζα παράλληλα με το υπάρχον σύστημα που λειτουργεί με πετρέλαιο θέρμανσης έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 97,3%	Πετρέλαιο 2,7%	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO ₂	0,0 kg/GJ	74,1kg/GJ	2,5 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH ₄	0,0020 kg/GJ	0,0020 kg/GJ	0,0390kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N ₂ O	0,0020 kg/GJ	0,0020 Kg/GJ	0,0049 kg/GJ
Απόδοση μετατροπής καυσίμου	80%	30%	
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,009 tsCO ₂ /MWh	0,336 tsCO ₂ /MWh	0,017 tsCO ₂ /MWh
Ετήσια μείωση εκπομπής GHG	6,9 ts CO ₂		

Πίνακας 5.4. Παράλληλη χρήση βιομάζας –πετρελαίου

Στην περίπτωση όμως που χρησιμοποιήσουμε αποκλειστικά βιομάζα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θερμότητα προκύπτουν τα ακόλουθα.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 100%	Πετρέλαιο 0%	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO ₂	0,0 kg/GJ	0 kg/GJ	0 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH ₄	0,0320 kg/GJ	0 kg/GJ	0,0320 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N ₂ O	0,0040 kg/GJ	0 kg/GJ	0,0040 kg/GJ
Απόδοση μετατροπής καυσίμου	80%	0%	
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,009 tsCO ₂ /MWh	0 tsCO ₂ /MWh	0,009 tsCO ₂ /MWh
Ετήσια μείωση εκπομπής GHG	7,1 ts CO ₂		

Πίνακας 5.5. Αποκλειστική χρήση βιομάζας

Παρατηρούμε ότι είτε χρησιμοποιήσουμε αποκλειστικά βιομάζα είτε χρησιμοποιήσουμε βιομάζα σε συνδυασμό με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης η ετήσια μείωση εκπομπής GHG κυμαίνεται γύρω στους 7 τόνους. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο αν λάβουμε υπόψη τη χαμηλή κατανάλωση πετρελαίου που συνεπάγεται η ταυτόχρονη χρήση των δύο συστημάτων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί καθόλου βιομάζα, αλλά αποκλειστικά πετρέλαιο, εκπέμπονται 92,6 kg/GJ CO₂ όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο των παραδοχών του συστήματος.

5.2. Σύγκριση βιομάζας φυσικού αερίου

5.2.1. Οικονομική Αξιοποίηση

5.2.1.1 Αποκλειστική χρήση φυσικού αερίου

Στην περίπτωση αυτή θεωρούμε ότι η οικία χρησιμοποιεί για την θέρμανσή της φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, εφαρμόζουμε τις τιμές που πρέπει στο μοντέλο για να αναπτύξουμε τα πιθανά σενάρια. Σύμφωνα με πληροφορίες που βρέθηκαν κατόπιν επικοινωνίας με αρμόδια εταιρεία παροχής αερίου, προσαρμοσμένες στην περίπτωση που μελετάμε, χωρίς να έχει γίνει όμως μελέτη από υπεύθυνο σχετικό με το φυσικό αέριο μια και η συγκεκριμένη οικία δεν βρίσκεται κοντά σε κάποιο ανεπτυγμένο ακόμη δίκτυο παροχής, καταλήξαμε στις ακόλουθες ρεαλιστικές παραδοχές.

Τα τέλη σύνδεσης για μια πολυκατοικία, είναι ίδια και για μία μονοκατοικία όπως η μεζονέτα που μελετάμε και είναι 743 €. Ο καυστήρας μαζί με τα απαραίτητα εξαρτήματά του, που θα καλύπτει τις ανάγκες μας κοστίζει περίπου 700 €, ενώ η εσωτερική εγκατάσταση (βάνες και σωληνώσεις από το μετρητή – σημείο στο οποίο σταματάει η «δικαιοδοσία» της εταιρείας – μέχρι τον καυστήρα) είναι της τάξης των 600 €. Υπολογίζουμε δηλαδή μια τιμή γύρω στα 2.000 €, η οποία θα χρησιμοποιηθεί και ως τιμή αναφοράς στο μοντέλο.

Ο χώρος ο οποίος χρειάζεται είναι λίγο μικρότερος συνήθως από τον απαιτούμενο για λέβητα πετρελαίου ή βιομάζας, διότι ο καυστήρας μπορεί να είναι λίγο μικρότερος σε όγκο και δε χρειάζεται ντεπόζιτο για το καύσιμο αλλά ένα πίνακα για το μετρητή.

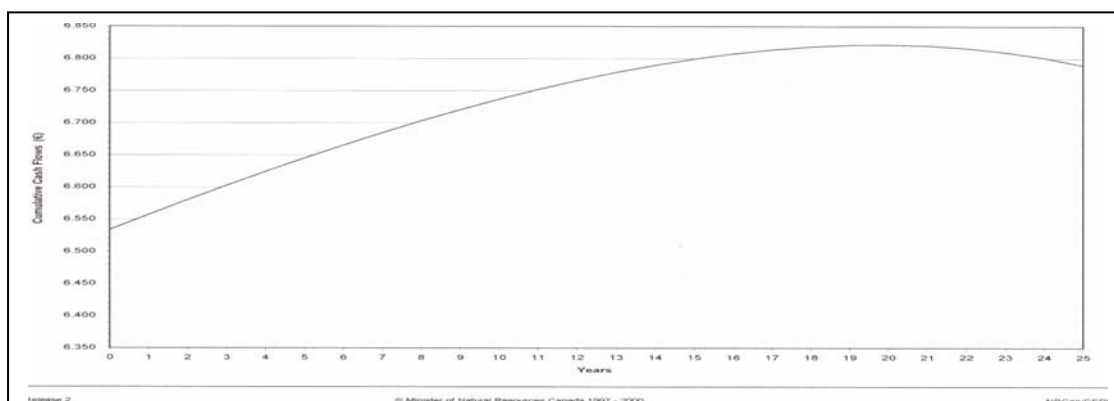
Τέλος, το κόστος του καύσιμου είναι μικρό σχετικά και υπολογίζεται γύρω στα 0,2748 €/m³. Ο υπολογισμός αυτός στηρίχθηκε στο γεγονός ότι το κόστος είναι 0,02748 €/kWh τη χειμερινή περίοδο και 0,03453 €/m³ τη θερινή περίοδο και δεδομένου ότι κατά προσέγγιση βάση του υπολογιστικού μοντέλου, 10 kWh αντιστοιχούν σε 1m³. Σύμφωνα, με το μοντέλο για τη θέρμανση αποκλειστικά με φυσικό αέριο θα δαπανηθούν περίπου 2600 m³ τα οποία θα στοιχίσουν 715€.

Σύμφωνα, με την εταιρεία το φυσικό αέριο αποδεικνύεται 20% πιο οικονομικό από το πετρέλαιο και 60% πιο οικονομικό από το ρεύμα.

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	6.534	6.534
1	23	6.557
2	23	6.580
3	22	6.603
4	22	6.624
5	21	6.645
6	20	6.665
7	19	6.685
8	18	6.703
9	17	6.720
10	16	6.737
11	15	6.752
12	14	6.766
13	13	6.779
14	11	6.790
15	10	6.800
16	8	6.808
17	6	6.814
18	5	6.819
19	3	6.821
20	1	6.822
21	(2)	6.820
22	(4)	6.817
23	(6)	6.810
24	(9)	6.801
25	(12)	6.789

Το μοντέλο δίνει τις ακόλουθες τιμές όσον αφορά τις ταμειακές ροές όπως φαίνεται στον πίνακα 5.6. και στη γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.8. Όπως παρατηρούμε, οι αθροιστικές ταμειακές ροές είναι θετικές λόγω της οικονομίας που γίνεται στη χρήση μέσων. Μετά το 21^ο έτος παρατηρούνται αρνητικές τιμές πράγμα το οποίο ίσως με μια μελλοντική μείωση της τιμής λόγω επέκτασης της χρήσης του να εξαλειφθεί. Επίσης, επεκτεινόμενη η τεχνολογία μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερες αποδόσεις οι οποίες να μειώσουν και άλλο το κόστος και να καταστήσουν έτσι την επένδυση πιο κερδοφόρα.

Το σίγουρο είναι ότι στην περίπτωση



Διάγραμμα 5.8. Αθροιστική ταμειακή ροή για αποκλειστική χρήση φυσικού αερίου

που η εγκατάσταση φυσικού αερίου εφαρμόζεται σε πολυκατοικία λόγω της σχετικής «οικονομίας κλίμακας» που γίνεται, το κόστος ανά διαμέρισμα μειώνεται αρκετά και η επένδυση είναι προσοδοφόρα ακόμη και αν οι τιμές παραμείνουν στα ίδια επίπεδα.

5.2.1.2. Παράλληλη χρήση βιομάζας

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί βιομάζα ,δηλαδή λέβητας ισχύος 10 kW, παράλληλα με το φυσικό αέριο προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Ετήσια Παραγωγή ενέργειας		Βιομάζα	Φορτίο αιχμής	Συνολικά
Ποσοστό του θερμικού φορτίου αιχμής	%	69,4%	102,1%	171,5%
Δυναμικό θέρμανσης	kW	10	15	25
	Εκατομμύρια BTU/h	0,034	0,05	0,084
Ισοδύναμες πλήρεις ώρες απόδοσης	h	1.831	34	-
Συντελεστής δυναμικού	%	20,9%	0,4%	-
Ποσοστό συνολικής ζήτησης ενέργειας θέρμανσης	%	97,3%	2,7%	100,0%
Αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	MWh	18	1	19
	Εκατομμύρια BTU/h	62	2	64
Απαιτήσεις βιομάζας	ts	6	-	6
Απαιτήσεις καυσίμου θέρμανσης	m ³	-	69	69

Πίνακας 5.7. Ετήσια παραγωγή ενέργειας για παράλληλη χρήση βιομάζας και φυσικού αερίου

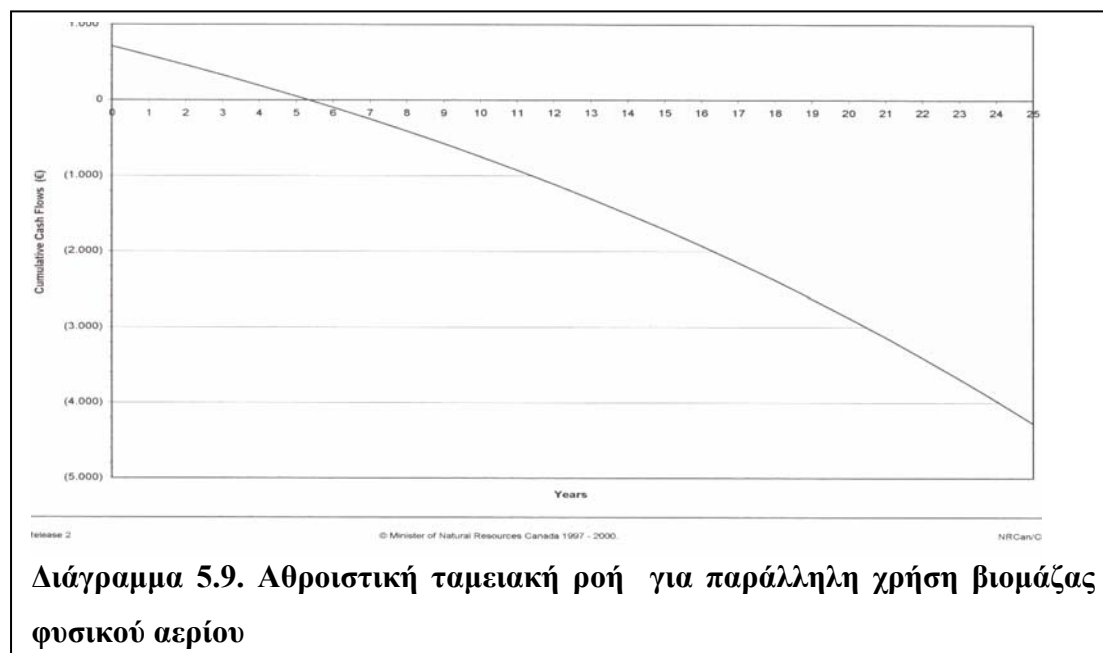
Προκύπτει ότι θα απαιτηθούν και πάλι 6 ts και 170 kg βιομάζας και το υπόλοιπο απαιτούμενο φορτίο θα καλυφθεί με 69 m³ φυσικού αερίου το οποίο κοστίζει 69m³ X 0,2748 €/m³ = 19 € περίπου, ποσό επίσης πολύ μικρό όπως και στην περίπτωση του πετρελαίου.

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	713	713
1	(123)	591
2	(127)	463
3	(132)	331
4	(137)	194
5	(143)	51
6	(148)	(97)
7	(154)	(251)
8	(160)	(410)
9	(166)	(576)
10	(172)	(748)
11	(179)	(927)
12	(186)	(1.113)
13	(193)	(1.305)
14	(200)	(1.505)
15	(208)	(1.713)
16	(216)	(1.929)
17	(224)	(2.152)
18	(232)	(2.385)
19	(241)	(2.626)
20	(250)	(2.876)
21	(260)	(3.136)
22	(270)	(3.406)
23	(280)	(3.685)
24	(290)	(3.976)
25	(301)	(4.277)

Οι ταμιακές ροές όμως, στην περίπτωση αυτή δεν ακολουθούν την πορεία που είχαν οι αντίστοιχες στην περίπτωση του πετρελαίου. Συγκεκριμένα όπως φαίνεται στο διπλανό πίνακα 5.8. αλλά και στο διάγραμμα 5.9, ξεκινάμε από μια αρχικά οριακά θετική τιμή, πιθανόν λόγω των τελών σύνδεσης που χρεώνονται για το φυσικό αέριο, η οποία συνεχώς μειώνεται λόγω των ολοένα αυξανόμενων κατά απόλυτη τιμή αρνητικών τιμών των ροών από το πρώτο κι όλα έτος. Συνέπεια αυτού, αθροιστικά οι ταμειακές ροές αρχίζουν να εμφανίζουν αρνητικές τιμές από το 6^ο έτος. Εν συνεχεία, η ετήσια ροή κεφαλαίου παραμένει αρνητική χωρίς σημάδια βελτίωσης.

Ο λόγος είναι η χαμηλή τιμή του

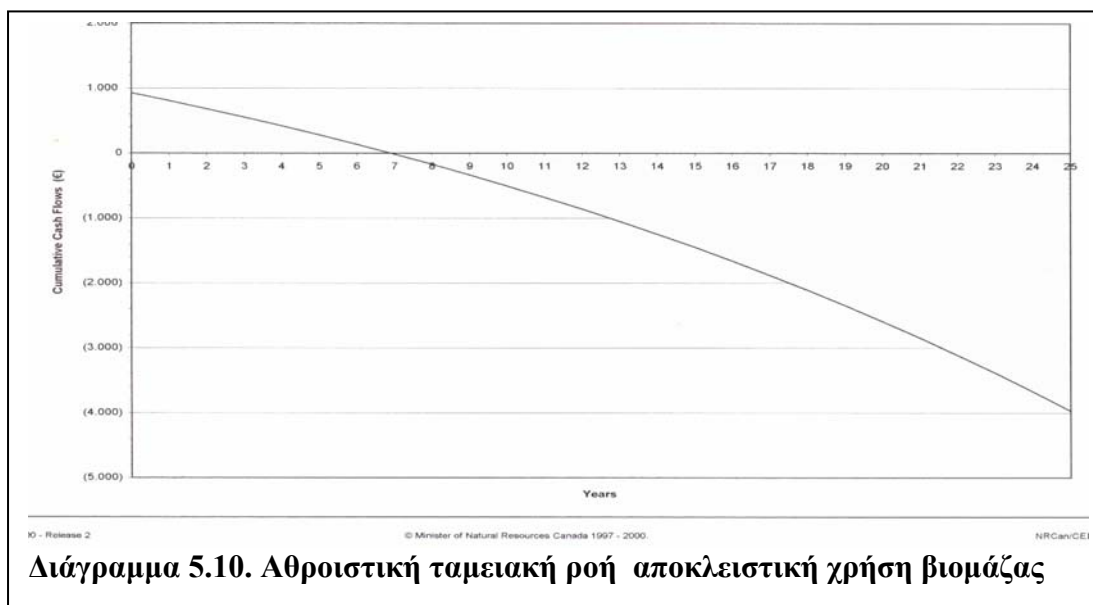
φυσικού αερίου σε σχέση με το πετρέλαιο.



5.2.1.3. Αποκλειστική χρήση βιομάζας

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	931	931
1	(120)	811
2	(125)	686
3	(130)	557
4	(135)	422
5	(140)	282
6	(145)	137
7	(151)	(14)
8	(157)	(171)
9	(163)	(333)
10	(169)	(502)
11	(175)	(678)
12	(182)	(860)
13	(189)	(1.049)
14	(196)	(1.246)
15	(204)	(1.450)
16	(212)	(1.661)
17	(220)	(1.881)
18	(228)	(2.110)
19	(237)	(2.347)
20	(246)	(2.593)
21	(255)	(2.848)
22	(265)	(3.113)
23	(275)	(3.389)
24	(286)	(3.675)
25	(297)	(3.971)

Στην περίπτωση που αντί να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά βιομάζα προκύπτουν οι ακόλουθες ταμειακές ροές για την επιλογή της επένδυσης μας. Παρατηρούμε ότι οι ροές αυτές ομοιάζουν αρκετά αυτές που προέκυψαν στην περίπτωση που είχαμε παράλληλη χρήση βιομάζας – φυσικού αερίου και τούτο διότι η συνεισφορά του φυσικού αερίου ήταν αρκετά μικρή. Κατά τον ίδιο τρόπο περιμένουμε και η γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.10. να ακολουθεί παρόμοια πορεία. Το μόνο το οποίο αλλάζει αισθητά είναι το έτος στο οποίο αρχίζουν να εμφανίζονται οι πρώτες αρνητικές τιμές στην αθροιστική καμπύλη.

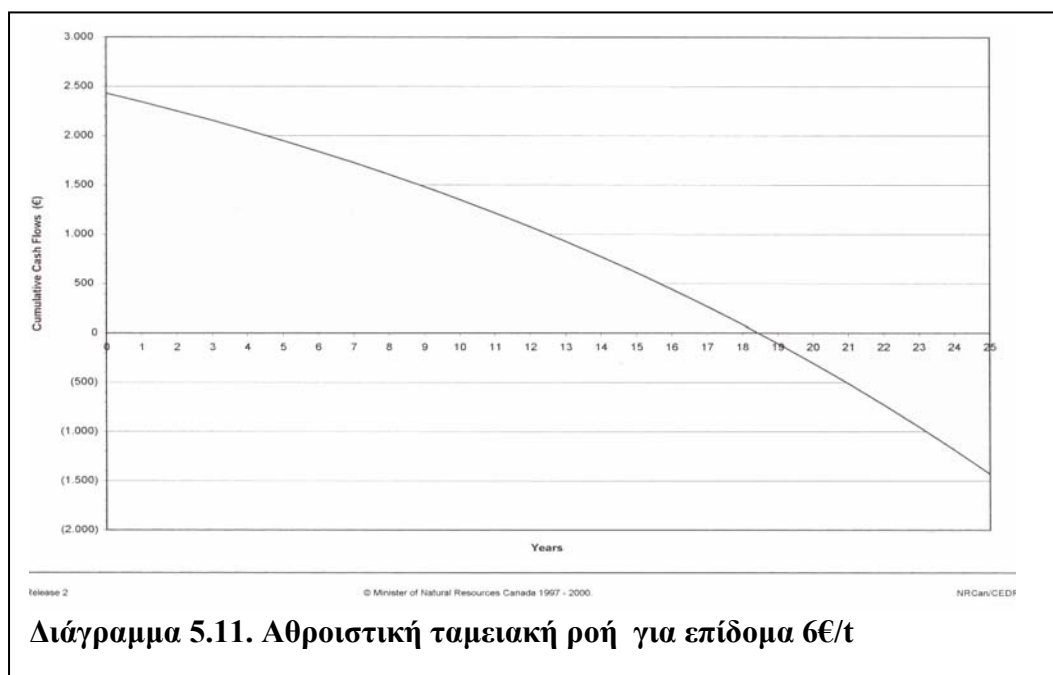


5.2.1.4. Σενάρια οικονομικών κινήτρων

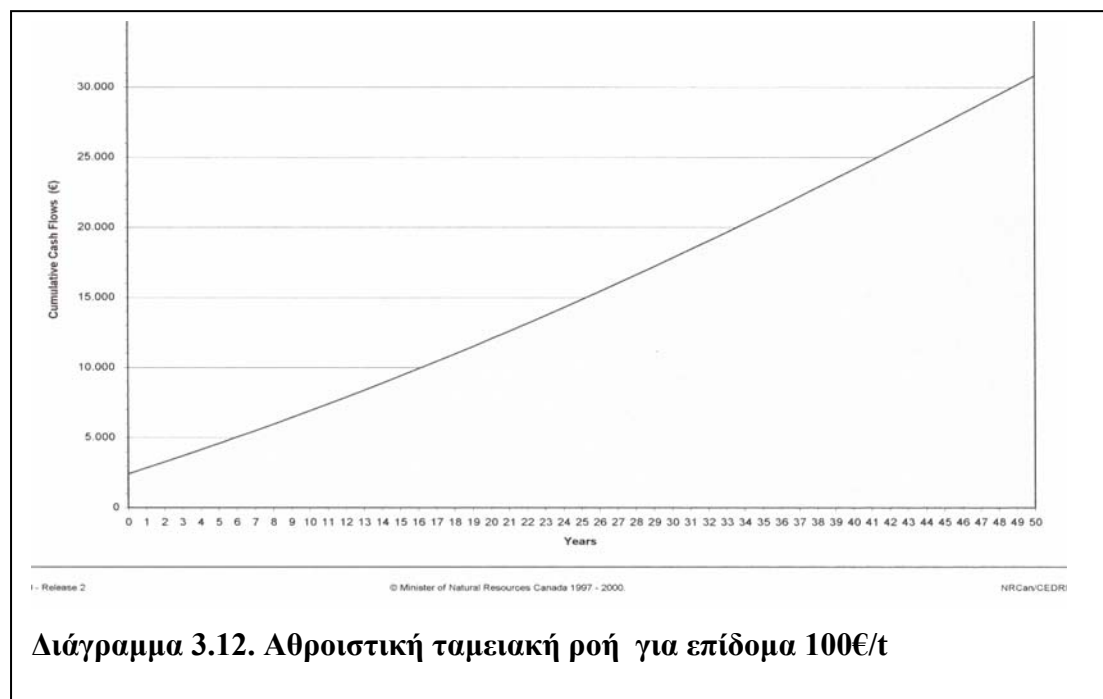
Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	2.431	2.431
1	(88)	2.343
2	(92)	2.252
3	(96)	2.156
4	(100)	2.056
5	(105)	1.951
6	(109)	1.842
7	(114)	1.727
8	(119)	1.608
9	(125)	1.483
10	(130)	1.353
11	(136)	1.217
12	(142)	1.075
13	(148)	927
14	(154)	773
15	(161)	612
16	(168)	443
17	(175)	268
18	(183)	85
19	(191)	(105)
20	(199)	(304)
21	(207)	(511)
22	(216)	(727)
23	(225)	(953)
24	(235)	(1.187)
25	(244)	(1.432)

Στην προσπάθεια να ερευνήσουμε τα σενάρια που θα προέκυπταν από τη χρηματοδότηση με 1500€ κάθε νέας εγκατάστασης βιομάζας ή ακόμα και την παράλληλη εφαρμογή αποζημίωσης – επιδότησης 6 € για κάθε τόνο CO₂ που αποφεύγεται έχουμε τα εξής. Οι ταμειακές ροές εξακολουθούν να είναι αρνητικές από το πρώτο έτος. Η ύπαρξη επιχορήγησης 1500€ το μόνο που μπορεί να κάνει είναι να ανεβάσει το σημείο από το οποίο θα αρχίσει η πτώση, ενώ η ύπαρξη του επιδόματος το μόνο που μπορεί να κάνει είναι να μετριάσει την πτώση μειώνοντας το ρυθμό αύξησης της απόλυτης τιμής των αρνητικών ταμειακών ροών. Όπως διαφαίνεται και στην γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.11. οι

αρνητικές αθροιστικές τιμές της καμπύλης εμφανίζονται μετά το 18^ο έτος αντί του 7^{ου}



Μόνο στην περίπτωση που το επίδομα φτάσει κοντά στα 100€, αποφεύγεται η πτώση της αθροιστικής καμπύλης στον άξονα των αρνητικών, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 12. Τέτοιες τιμές είναι μάλλον απίθανο να αποδοθούν από την οικονομία της χώρας μας η οποία δεν έχει τη δυνατότητα να χρηματοδοτήσει σε τέτοιο βαθμό την εφαρμογή νέων τεχνολογιών.



Επομένως, ο μόνος τρόπος να μπορέσει το σύστημα που χρησιμοποιεί βιομάζα να γίνει ανταγωνιστικότερο οικονομικά έναντι αυτού του φυσικού αερίου είναι να μπορέσει να αυξήσει την παρεχόμενη θερμογόνο δύναμη κατά την καύση. Όπως, θα αναπτυχθεί σε επόμενο κεφάλαιο κάτι τέτοιο είναι δυνατό με τη χρήση ειδικών στερεών καυσίμων όπως είναι τα θρύμματα (wood chips) και τα συσσωματώματα (pellets).

5.2.2 Περιβαλλοντική Αξιοποίηση

Το φυσικό αέριο ως γνωστόν κατά την καύση του σχηματίζει CO₂, που είναι και ο κυριότερος ρύπος του, σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο, όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αποκλειστική χρήση φυσικού αερίου είναι τα ακόλουθα.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 0%	Φυσικό αέριο 100%	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO ₂	0,0 kg/GJ	56,1 kg/GJ	0 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH ₄	0,0 kg/GJ	0,0030 kg/GJ	0,0320 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N ₂ O	0,00 kg/GJ	0,0010 kg/GJ	0,0040 kg/GJ
Απόδοση μετατροπής καυσίμου		70%	
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,00 tsCO ₂ /MWh	0,29 tsCO ₂ /MWh	0,29 tsCO ₂ /MWh
Ετήσια εκπομπή GHG	5,51 ts CO ₂		
Ετήσια μείωση εκπομπής GHG	0 ts CO ₂		

Πίνακας 5.11. Εκπομπές GHG για αποκλειστική χρήση φυσικού αερίου

Παρατηρούμε ότι η εκπομπή CO₂ είναι κατά 1,786 ts μεγαλύτερη στη περίπτωση που χρησιμοποιούσαμε αποκλειστικά πετρέλαιο για θέρμανση και αυτό διότι παρά το γεγονός ότι το φορτίο παραμένει 19 MWh, ο συντελεστής εκπομπής GHG πετρελαίου παραμένει μεγαλύτερος κατά 0,094.

Αντίθετα, όταν χρησιμοποιείται μόνο βιομάζα αντί για φυσικό αέριο τότε επιτυγχάνουμε να μειώσουμε τους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπών κατά τρόπο τέτοιο ώστε να προκύπτουν τα αποτελέσματα του επόμενου πίνακα όπου φαίνεται ότι η ετήσια μείωση της εκπομπής των GHG είναι 5,3 ts.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 100%	Φυσικό αέριο 0%	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO ₂	0,0 kg/GJ	0 kg/GJ	0 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH ₄	0,0320 kg/GJ	0 kg/GJ	0,0320 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N ₂ O	0,0040 kg/GJ	0 kg/GJ	0,0040 kg/GJ
Απόδοση μετατροπής καυσίμου	80%	0%	
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,009 tsCO ₂ /MWh	0 tsCO ₂ /MWh	0,009 tsCO ₂ /MWh
Ετήσια μείωση εκπομπής GHG	5,3 ts CO ₂		

Πίνακας 5.12. Εκπομπές GHG για αποκλειστική χρήση βιομάζας

Τέλος, στη περίπτωση που χρησιμοποιείται βιομάζα παράλληλα με το υπάρχον σύστημα που λειτουργεί με φυσικό αέριο, έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 97,3%	Φυσικό αέριο 2,7 %	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO₂	0,0kg/GJ	56,1 kg/GJ	2,1 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH₄	0,0320 kg/GJ	0,0030 kg/GJ	0,0390 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N₂O	0,0040 kg/GJ	0,0010 kg/GJ	0,0049 kg/GJ
Απόδοση μετατροπής καυσίμου	80%	30%	
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,009 tsCO ₂ /MWh	0,29 tsCO ₂ /MWh	0,016 tsCO ₂ /MWh
Ετήσια μείωση εκπομπής GHG	5,2 ts CO₂		

Πίνακας 5.13. Εκπομπές GHG για παράλληλη χρήση βιομάζας - φυσικού αερίου

Παρατηρούμε ότι όπως και στην περίπτωση του πετρελαίου, είτε χρησιμοποιήσουμε αποκλειστικά βιομάζα είτε χρησιμοποιήσουμε βιομάζα σε συνδυασμό με φυσικό αέριο, η ετήσια μείωση εκπομπής GHG κυμαίνεται γύρω στους 5 τόνους. Και πάλι, αυτό είναι αναμενόμενο αν λάβουμε υπόψη τη χαμηλή κατανάλωση φυσικού αερίου που συνεπάγεται η ταυτόχρονη χρήση των δύο συστημάτων.

Αξίζει να σημειωθεί βέβαια ότι η μείωση των εκπομπών GHG από τη χρήση βιομάζας, στην περίπτωση του φυσικού αερίου είναι μικρότερη από αυτή στην περίπτωση του πετρελαίου θέρμανσης και αυτό διότι η καύση πετρελαίου εμφανίζει υψηλότερα ποσοστά εκπομπών GHG από το φυσικό αέριο.

5.3. Σύγκριση βιομάζας – ηλεκτρικών κλιματιστικών συσκευών

5.3.1. Οικονομική Αξιοποίηση

5.3.1.1.Αποκλειστική χρήση ηλεκτρικών κλιματιστικών

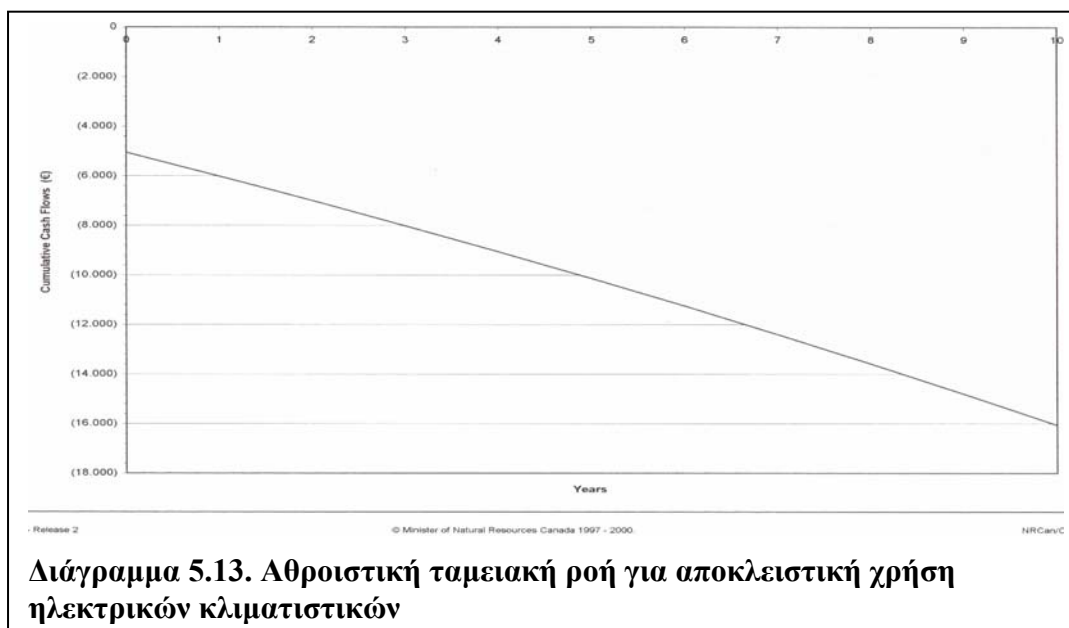
Δεδομένου ότι το θερμικό φορτίο που απαιτείται είναι ίσο με 25 kW και έχοντας υπόψη τη διαρρύθμιση της οικίας, κατόπιν συνεννόησης με το κατάστημα αγοράς των κλιματιστικών καταλήγουμε ότι θα πρέπει να τοποθετηθούν 4 κλιματιστικά των 9000 BTU/h , και δύο των 24.000 BTU/h. Το συνολικό κόστος της επένδυσης αυτής μαζί με την εγκατάσταση είναι: $4 \times 515 = 2030 \text{ €}$ και $2 \times 1.300\text{€} = 2.600 \text{ €}$ δηλαδή 4.630 €.

Το καύσιμο στην περίπτωση αυτή είναι φυσικά το ηλεκτρικό ρεύμα και αυτό είναι που μετράται στην ανάλυση κόστους. Συγκεκριμένα, η τιμή της KWh είναι 0,06817€/kWh για τις πρώτες 813 kWh, μετά 0,0868 €/kWh για τις επόμενες 813 kWh και τέλος 0,10662€ για κάθε επόμενη kWh. Στην περίπτωση μας, θα θεωρήσουμε τη μέση τιμή 0,0868 €/kWh, διότι η κατανάλωση στην οικία που μελετάμε ακόμη και χωρίς την χρήση κλιματιστικών πάντοτε ξεπερνά τις 813 kWh για να καλύψει τις υπόλοιπες ανάγκες σε ηλεκτρισμό (φωτισμός, μαγείρεμα, θερμοσίφωνας, ηλεκτρονικές συσκευές κτλ.).

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	(5.053)	(5.053)
1	(957)	(6.009)
2	(986)	(6.995)
3	(1.016)	(8.012)
4	(1.048)	(9.059)
5	(1.080)	(10.139)
6	(1.113)	(11.253)
7	(1.148)	(12.400)
8	(1.183)	(13.584)
9	(1.220)	(14.803)
10	(1.257)	(16.060)

Έτσι, σύμφωνα με το μοντέλο χρησιμοποιώντας αποκλειστικά ηλεκτρικό ρεύμα θα καταναλωθούν ετησίως 27 MWh οι οποίες θα κοστίσουν 2333 €. Αναλυτικότερα, οι ταμειακές ροές θα ακολουθούν την πορεία που φαίνεται στο διπλανό πίνακα 5.14. και στην επόμενη γραφική παράσταση του διαγράμματος

5.13. Μια δεκαετία αρκεί για να φανούν οι αρνητικές ροές οι οποίες ξεκινούν από την αρχή της εφαρμογής της επένδυσης και τούτο είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι δεν γίνεται εκμετάλλευση των ήδη υπάρχοντων μέσων θέρμανσης (λέβητας, σωληνώσεις κτλ.) της οικίας.



5.3.1.2. Παράλληλη χρήση βιομάζας

Εξετάζεται η περίπτωση της παράλληλης χρήσης βιομάζας – ηλεκτρικών κλιματιστικών συσκευών και καταλήγουμε στην ακόλουθη πρόταση.

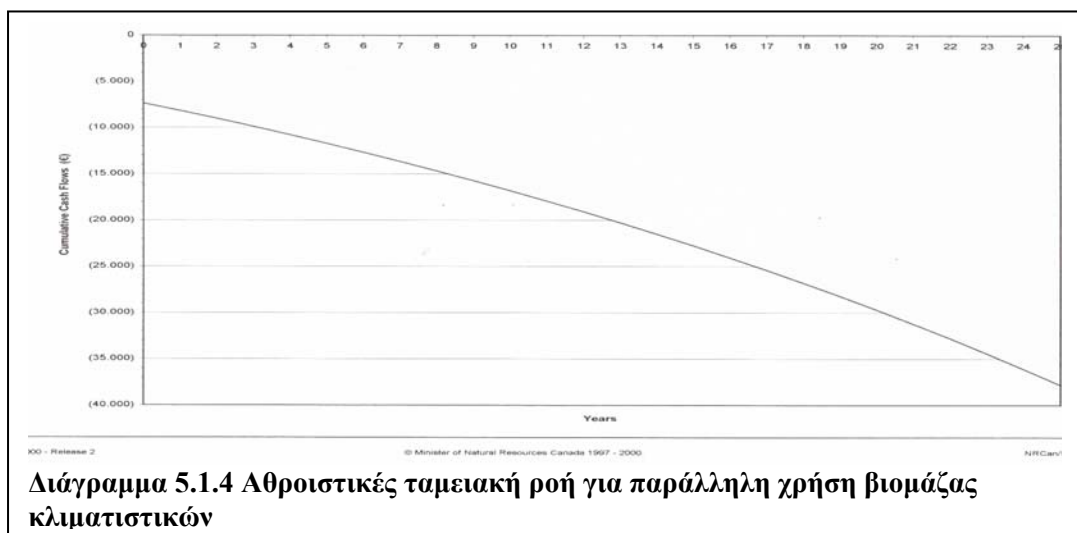
Ετήσια Παραγωγή ενέργειας		Βιομάζα	Φορτίο αιχμής	Συνολικά
Ποσοστό του θερμικού φορτίου αιχμής	%	69,4%	121,5%	191,0%
Δυναμικό θέρμανσης	kW	10	18	28
	Εκατομμύρια BTU/h	0,034	0,06	0,094
Ισοδύναμες πλήρεις ώρες απόδοσης	h	1.831	29	-
Συντελεστής δυναμικού	%	20,9%	0,3%	-
Ποσοστό συνολικής ζήτησης ενέργειας θέρμανσης	%	97,3%	2,7%	100,0%
Αποδοθείσα ενέργεια θέρμανσης	MWh	18	1	19
	Εκατομμύρια BTU/h	62	2	64
Απαιτήσεις βιομάζας	ts	6	-	6
Απαιτήσεις καυσίμου θέρμανσης	MWh	-	1	1

Πίνακας 5.15. Ετήσια παραγωγή ενέργειας για παράλληλη χρήση βιομάζας κλιματιστικών

Παρατηρούμε ότι όπως και στις υπόλοιπες περιπτώσεις το απαραίτητο ετήσιο φορτίο θα είναι 19 MWh και αυτή τη φορά η άλλη μορφή ενέργειας (εδώ ο ηλεκτρισμός) θα συνεισφέρει ελάχιστα και συγκεκριμένα 1 MWh.

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	(7.340)	(7.340)
1	(824)	(8.164)
2	(850)	(9.014)
3	(876)	(9.890)
4	(903)	(10.793)
5	(931)	(11.725)
6	(960)	(12.685)
7	(990)	(13.674)
8	(1.021)	(14.695)
9	(1.052)	(15.747)
10	(1.085)	(16.832)
11	(1.118)	(17.950)
12	(1.153)	(19.104)
13	(1.189)	(20.293)
14	(1.226)	(21.519)
15	(1.264)	(22.783)
16	(1.303)	(24.086)
17	(1.344)	(25.430)
18	(1.386)	(26.816)
19	(1.429)	(28.245)
20	(1.473)	(29.719)
21	(1.519)	(31.238)
22	(1.567)	(32.805)
23	(1.616)	(34.420)
24	(1.666)	(36.086)
25	(1.718)	(37.804)

Οι ταμειακές ροές σε αυτή την περίπτωση θα είναι όπως φαίνεται στο διπλανό πίνακα 5.16 και τη γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.14. Παρατηρείται μια μεγάλη αρνητική τιμή πριν καν αρχίσει να τρέχει ο χρόνος και ο λόγος είναι η μεγάλη αρχική επένδυση που γίνεται λόγω της ασυμβατότητας των δυο τεχνολογιών θέρμανσης. Ο περιορισμός όμως της συνεισφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας βοηθά στο να περιοριστούν (κατά απόλυτη τιμή) οι αρνητικές ταμειακές ροές από το πρώτο κι όλα έτος πράγμα το οποίο όμως δεν μπορεί να οδηγήσει στην αναστροφή του άσχημου οικονομικού αποτελέσματος της επένδυσης σε δυο ασύμβατες τεχνολογίες.

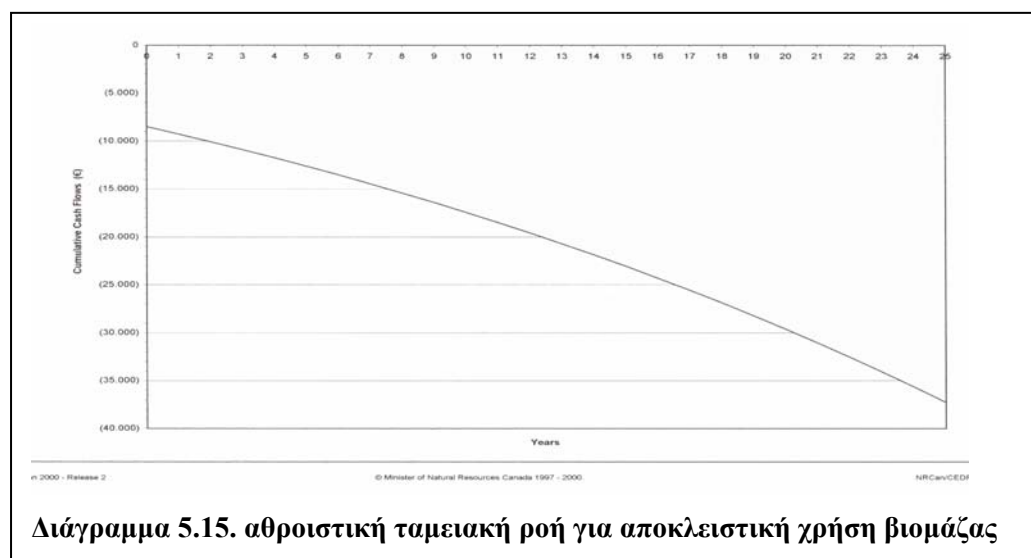


5.3.1.3. Αποκλειστική χρήση βιομάζας

Η περίπτωση όπου έχουμε ήδη εγκατεστημένο σύστημα κλιματισμού με ηλεκτρικές συσκευές και στο οποίο σκοπεύουμε να εγκαταστήσουμε αποκλειστικά σύστημα

Ετήσια Ροή Κεφαλαίου		
Έτος #	Ποσό €	Αθροιστικά €
0	(8.483)	(8.483)
1	(779)	(9.262)
2	(803)	(10.065)
3	(828)	(10.893)
4	(854)	(11.747)
5	(880)	(12.627)
6	(907)	(13.534)
7	(935)	(14.470)
8	(964)	(15.434)
9	(994)	(16.428)
10	(1.025)	(17.454)
11	(1.057)	(18.511)
12	(1.090)	(19.600)
13	(1.124)	(20.724)
14	(1.159)	(21.883)
15	(1.195)	(23.078)
16	(1.232)	(24.310)
17	(1.270)	(25.580)
18	(1.310)	(26.890)
19	(1.351)	(28.241)
20	(1.393)	(29.634)
21	(1.436)	(31.070)
22	(1.481)	(32.552)
23	(1.527)	(34.079)
24	(1.575)	(35.654)
25	(1.624)	(37.279)

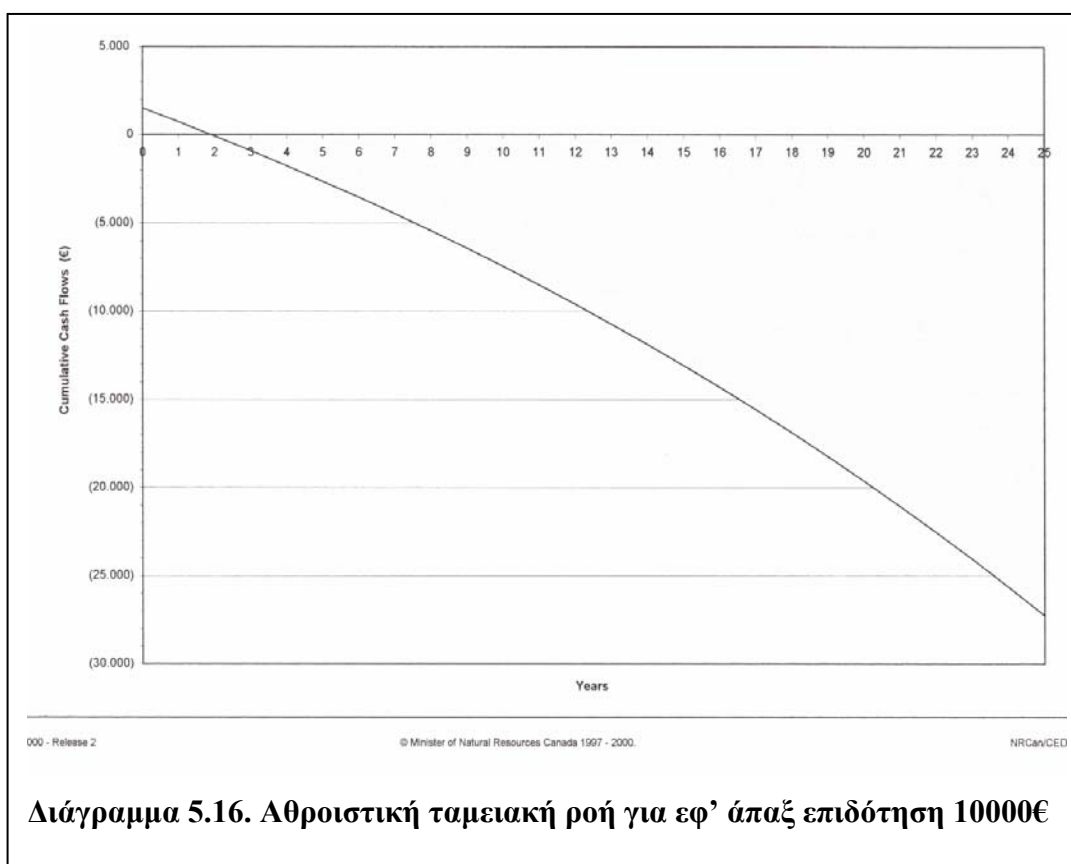
θέρμανσης με βιομάζα είναι δεδομένο ότι δεν θα αποδώσει οικονομικά όσο χρειάζεται για να αποσβεστούν τα έξοδα εγκατάστασης των δυο διαφορετικών τεχνολογιών θέρμανσης. Σίγουρα, όμως, όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα που έδωσε το μοντέλο, δηλαδή τις ταμειακές ροές και τη γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.15 παρατηρείται μια μετρίαση της πτώσης χάρη στη χρήση της βιομάζας. Το αποτέλεσμα αυτό οδηγεί σε μια εύλογη απορία για το αν θα μπορέσει μια πολιτική οικονομικών κινήτρων - όπως αυτή δοκιμάστηκε και στις προηγούμενες περιπτώσεις - να μπορέσει να υποστηρίξει την εγκατάσταση τεχνολογιών θέρμανσης φιλικότερων προς το περιβάλλον.



5.3.1.4. Σενάρια οικονομικών κινήτρων

Ερευνώντας διαφορετικούς συνδυασμούς παροχής εφ' άπαξ επιδοτήσεως για την εγκατάσταση του συστήματος βιομάζας ή του ετήσιου επιδόματος για κάθε τόνο CO₂ που αποφεύγεται να εκπέμπουμε στο περιβάλλον καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα.

Αν υπήρχε μόνο η εφ' άπαξ επιδότηση ακόμη και αν αυτή άγγιζε τα 10.000 € δεν θα κατόρθωνε να βοηθήσει μια και από το δεύτερο κι όλα έτος οι αρνητικές ροές θα υπερτερούσαν όπως φαίνεται στη γραφική παράσταση του διαγράμματος 5.16. Το

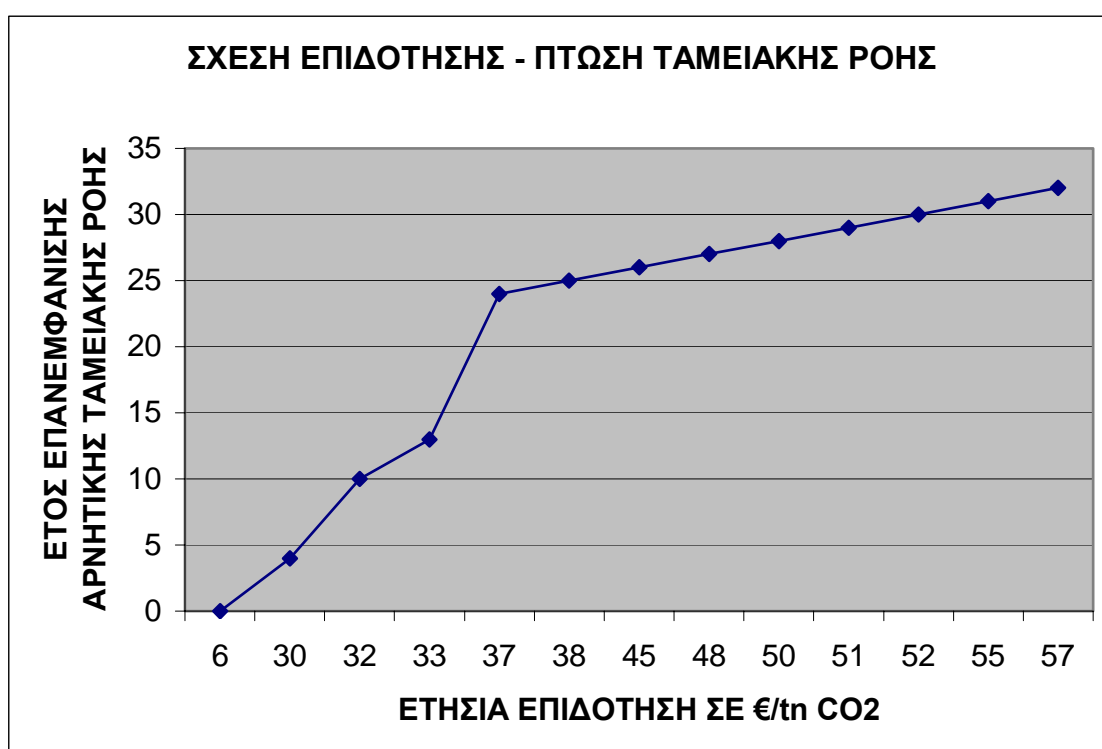


παραπάνω δικαιολογείται από το γεγονός ότι δεν αρκεί η εξάλειψη του κόστους εγκατάστασης αλλά η ουσιαστική υποστήριξη προκειμένου να αναστραφεί η αρνητική τάση της επένδυσης.

Συνδυάζοντας, την επιχορήγηση που δίνεται και στις περιπτώσεις που είχαμε τα άλλα συστήματα θέρμανσης δηλαδή 1500€ προσπαθούμε να βρούμε την κατάλληλη επιδότηση προκειμένου να καταστήσουμε την επένδυση αντικατάστασης του συστήματος θέρμανσης, με ένα σύστημα βιομάζας, προσοδοφόρα.

Ετήσια Επιδότηση σε €/ts CO ₂ που δεν εκπέμπεται	6	30	32	33	37	38	45	48	50	51	52	55	57
Έτος στο οποίο επανεμφανίζεται αρνητική ταμειακή ροή	0	4	10	13	24	25+	25+	25+	25+	25+	25+	25+	25+
Έτος στο οποίο επανεμφανίζεται μείωση των ταμειακών ροών	0	1	1	1	1	1	6	9	12	15	17	23	25

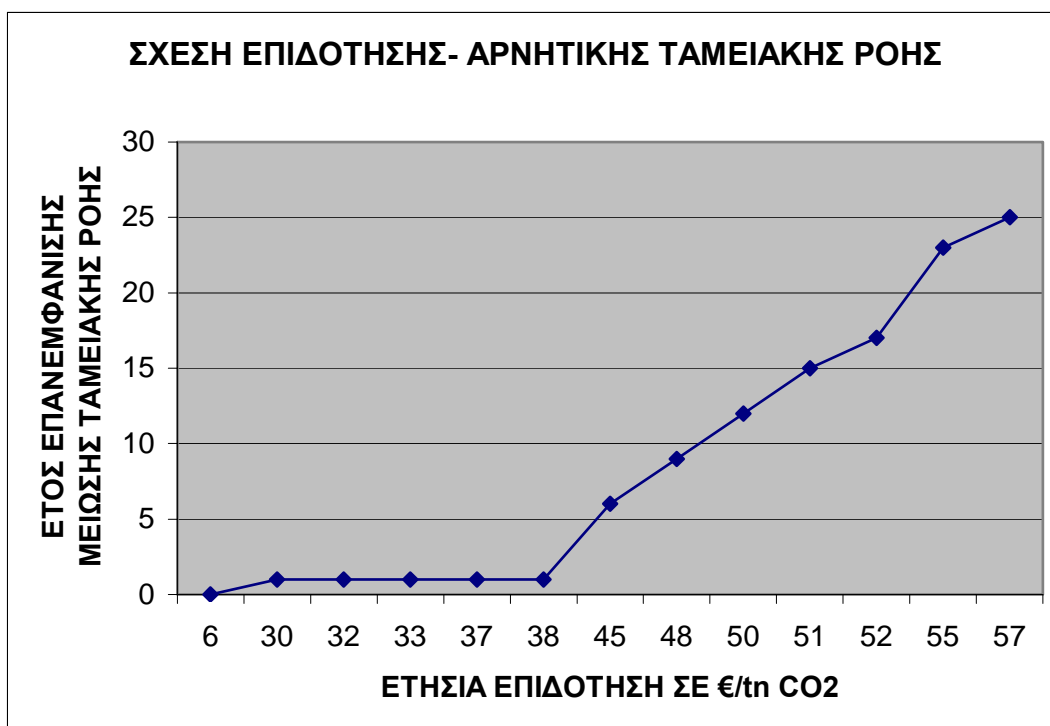
Πίνακας 5.18. Διερεύνηση επίδρασης αύξησης επιδόματος στη ταμειακή ροή



Διάγραμμα 5.17. Σχέση επιδότησης – πτώσης ταμειακής ροής

Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα 5.17 και 5.18, ενώ με σχετικά μικρή επιδότηση μπορούμε να καθυστερήσουμε την επανεμφάνιση αρνητικής ροής, για να διατηρήσουμε το αποτέλεσμα της επιδότησης χωρίς να υπάρχει άμεσος ο φόβος της αντιστροφής του θετικού κλίματος της επένδυσης, το ύψος της θα πρέπει να κυμαίνεται από 38€/t CO₂ και άνω. Επίσης, η επανεμφάνιση της αρνητικής ταμειακής ροής μπορεί να αποτραπεί για τα πρώτα 25 έτη, που είναι και η χρονική διάρκεια του πλάνου που μελετάται. Απεναντίας, για να αποτραπεί για τα πρώτα 25

έτη η επανεμφάνιση της μείωσης της τιμής της ταμειακής ροής, θα πρέπει να διατίθενται 57€/t CO₂.



Διάγραμμα 5.18. Σχέση επιδότησης – αρνητικής ταμειακής ροής

5.3.2 Περιβαλλοντική Αξιοποίηση

Όσον αφορά όμως, την περιβαλλοντική μελέτη, παρά το γεγονός ότι φαινομενικά η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος δεν συνεισφέρει στην εκπομπή GHG, λογίζεται περιβαλλοντικό κόστος με βάση την συνεισφορά εκπομπών GHG του καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ελλάδα όπου αξιοποιούνται τα αποθέματα λιγνίτη, θεωρούμε ότι η ηλεκτρική μας ενέργεια προέρχεται από άνθρακα (coal) όπως αναφέρεται και η επιλογή που είναι διαθέσιμη μέσα στο πρόγραμμα.

Με βάση τις επιλογές αυτές το πρόγραμμα δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα για την περίπτωση που χρησιμοποιείται αποκλειστικά βιομάζα.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 0%	Ηλεκτρισμός 100%	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO ₂	0,0 kg/GJ	270,3 kg/GJ	386,1 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH ₄	0,0 kg/GJ	0,0057 kg/GJ	0,0082 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N ₂ O	0,00 kg/GJ	0,0086 kg/GJ	0,0122 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,00tsCO ₂ /MWh	1,404tsCO ₂ /MWh	1,404tsCO ₂ /MWh
Ετήσια εκπομπή GHG	26,676 ts CO ₂		

Πίνακας 5.19. Εκπομπές GHG για αποκλειστική χρήση ηλεκτρισμού

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε παράλληλα βιομάζα τα αποτελέσματα τροποποιούνται εμφανώς και μάλιστα στην περίπτωση μας όπου η συνεισφορά του ηλεκτρισμού γίνεται πολύ μικρή έχουμε τα ακόλουθα.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 97,3%	Ηλεκτρισμός 2,7 %	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO ₂	0,0 kg/GJ	270,3 kg/GJ	10,3 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH ₄	0,0320 kg/GJ	0,0057 kg/GJ	0,0392 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N ₂ O	0,0040 kg/GJ	0,0086 kg/GJ	0,0052 kg/GJ
Απόδοση μετατροπής καυσίμου	80%	70%	
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,009 tsCO ₂ /MWh	1,404 tsCO ₂ /MWh	0,046 tsCO ₂ /MWh
Ετήσια μείωση εκπομπής GHG	25,6 ts CO ₂		

Πίνακας 5.20. Εκπομπές GHG για παράλληλη χρήση βιομάζας - κλιματιστικών

Η μείωση εκπομπής των GHG γίνεται η μέγιστη στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε μόνο βιομάζα αντί για ηλεκτρισμό όπως φαίνεται και στα τελικά αποτελέσματα, πράγμα το οποίο είναι αναμενόμενο και παρατηρείται για κάθε περίπτωση καυσίμου που χρησιμοποιείται.

Τύπος καυσίμου	Βιομάζα 100%	Ηλεκτρισμός 0%	Συνολικά 100%
Συντελεστής εκπομπής CO ₂	0,0 kg/GJ	0 kg/GJ	0 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής CH ₄	0,0320kg/GJ	0 kg/GJ	0,040 kg/GJ
Συντελεστής εκπομπής N ₂ O	0,0040kg/GJ	0 kg/GJ	0,0050 kg/GJ
Απόδοση μετατροπή καυσίμου	80%	0%	
Συντελεστής εκπομπής GHG	0,009tsCO ₂ /MWh	0 tsCO ₂ /MWh	0,009tsCO ₂ /MWh
Ετήσια μείωση εκπομπής GHG	26,3 tsCO ₂		

Πίνακας 5.21. Εκπομπές GHG για αποκλειστική χρήση βιομάζας

5.4. Συμπεράσματα από την εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου

Ολοκληρώνοντας την εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου για τη σύγκριση των τριών διαφορετικών τρόπων θέρμανσης σε σχέση με το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα κατά λήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα.

Όσον αφορά την οικονομική διερεύνηση, η επένδυση σε ένα σύστημα θέρμανσης με βιομάζα για μια οικία είναι συμφέρουσα στην περίπτωση που αυτό αντικαθιστά ένα σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο, αν αυξηθεί το κόστος πετρελαίου ή αν υπάρχουν οι κατάλληλες αποζημιώσεις λόγω της μείωσης των GHG πράγμα το οποίο είναι πιθανό λόγω της υποχρέωσης εφαρμογής σχετικών κοινοτικών οδηγιών.



Στην περίπτωση του φυσικού αερίου, καλό θα ήταν η επέκταση του συστήματος θέρμανσης με βιομάζα να επικεντρωθεί σε περιοχές στις οποίες δεν υπάρχει πρόσβαση στο δίκτυο φυσικού αερίου, συνήθως περιοχές λιγότερο αστικές, αραιοκατοικημένες και με περισσότερες μονοκατοικίες παρά πολυκατοικίες. Το θετικό είναι ότι οι περιοχές αυτές έχουν καλύτερη πρόσβαση σε βιομάζα και έτσι μπορούμε να πούμε ότι το ιδανικό θα ήταν μια αλληλοσυμπλήρωση των δυο συστημάτων ούτως ώστε να επιτυγχάνεται συνολικά το βέλτιστο αποτέλεσμα.

Στην περίπτωση των air conditions, καλό θα ήταν να αποφεύγονται ως μέσο θέρμανσης, γιατί ακόμη και σε μια πιθανή αντικατάσταση από σύστημα βιομάζας τα θετικά αποτελέσματα θα αργήσουν όχι μόνο να αποδώσουν αλλά και να διατηρηθούν και αυτό μόνο χάρη σε επιχορήγηση και αυτό λόγω της ασυμβατότητας των τεχνολογιών.

Όσον αφορά την περιβαλλοντική διερεύνηση, αποδεικνύεται ότι το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα είναι το πλέον φιλικό περιβαλλοντικά εξετάζοντας το ως προς την εκπομπή των GHG. Εξάλλου, το χαρακτηριστικό του αυτό είναι που δίνει ώθηση στην επέκτασή του, ενισχύοντάς τα οικονομικά χαρακτηριστικά του.

6. Προβλήματα από τη χρήση βιομάζας

6.1. Αέριες εκπομπές

Η αξιοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας δεν είναι θετική για το περιβάλλον άλλα παρουσιάζει εν γένει μια **ουδέτερη** συμπεριφορά, δεδομένου ότι το CO₂ που εκπέμπει στην ατμόσφαιρα κατά την καύση είναι περίπου ίσο με το ποσό που έχει απορροφήσει μέχρι να δημιουργηθεί η συγκεκριμένη καύσιμη ύλη. Δηλαδή, ο κύκλος του CO₂ για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα είναι σχεδόν κλειστός, και η διαδικασία παραγωγής λειτουργεί είτε ως μηδενική πηγή, είτε ως καταβόθρα CO₂.

Στην περίπτωση που αναφερόμαστε στην θέρμανση με βιομάζα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι το αποτέλεσμα είναι κάτι παραπάνω από ουδέτερο μια και δεν υπάρχουν μεγάλες απώλειες λόγω μετατροπής της ενέργειας από τη μία μορφή στην άλλη – από θερμική σε ηλεκτρική.

Επειδή, όμως τελευταία αρχίζει να κερδίζει έδαφος η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας αξίζει να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα όπως γίνεται παρακάτω.

Στην περίπτωση που μελετάμε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, τα αποτελέσματα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού με χρήση φυσικού αερίου ή άνθρακα είναι ενθαρρυντικά αν εξαιρέσουμε τις κατώτατες τιμές που εμφανίζουν σε NO_x milligrams/kWh ή Particulate matter milligram/kWh. Τα προηγούμενα φαίνονται ξεκάθαρα στον πίνακα 6.1. που ακολουθεί.

Τρόπος Παραγωγής	GHG gramequiv CO2/kWh	SO2 milligram/kWh	NOx milligram/kWh	NMVOC milligram/kWh	Particulate matter Milligram/kWh
Υδροηλεκτρικό	2-48	5-60	3-42	0	5
Σύγχρονη μονάδα καύσης άνθρακα	790-1182	700-32321+	700-5273+	0	30-663+
Πυρηνικό	2-59	3-50	2-100	18-29	2
Φυσικό αέριο (συνδυασμένου κύκλου)	389-511	4-15000+[1]	13+-1500	72-164	1-10+
Καύση παραπροϊόντων δασικής βιομάζας	15-101	12-140	701-1950	0	217-320
Άνεμος	7-124	21-87	14-50	0	5-35
Ηλιακά φωτοβολταϊκά	13-731	24-490	16-340	70	12-190

Πίνακας 6.1. Εκπομπές κατά την παραγωγή 1kWh ηλεκτρισμού βάσει LCA

Πηγή: Hydropower –Internalised Costs and Externalised Benefits; Frank H.Koch; (IEA) –Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programmes; Ottawa, Canada, 2000.

Σε άλλη μελέτη που έγινε από το Τμήμα Φυσικών και Περιβαλλοντικών Επιστημών του Mid-Sweden University της Σουηδίας, σχετικά με το κόστος αποτροπής/αντιμετώπισης εκπομπής CO₂ σε τεχνολογίες βιοενέργειας μεγάλης κλίμακας σε ανταγωνιστικές (απελευθερωμένες) αγορές ηλεκτρισμού προέκυψαν θετικά συμπεράσματα για τη βιομάζα. Με τον όρο κόστος αντιμετώπισης CO₂ νοείται το ελάχιστο απαιτούμενο οικονομικό κίνητρο, όπως μπορεί να είναι ένας φόρος για την εκπομπή άνθρακα, το οποίο θα εξισώνει το κόστος ενός συστήματος χαμηλότερης εκπομπής άνθρακα με το κόστος ενός συστήματος αναφοράς. Τα κόστη αντιμετώπισης CO₂ είναι μικρότερα για συστήματα βιομάζας από ότι για συστήματος φυσικού αερίου με απανθράκωση. Επίσης, τεχνολογίες συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης βασισμένο σε βιομάζα αποδεικνύονται λιγότερο δαπανηρές και παρουσιάζουν χαμηλότερα κόστη από συστήματα που η βιομάζα χρησιμοποιείται σε

μονάδες τουρμπίνων ατμού. Τέλος, σε περίπτωση που τα επίπεδα φορολόγησης άνθρακα ξεπεράσουν τα 90 \$/t C, τα συστήματα ατμοτουρμπίνων μπορούν να ανταγωνιστούν μονάδες συμπαραγωγής φυσικού αερίου βιομάζας.

Για τη μελέτη της επίδρασης του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην κλιματική αλλαγή απαιτείται ποσοτικοποίηση των εκπομπών. Οι εκπομπές μπορούν να χωριστούν στις άμεσες εκπομπές που δημιουργούνται από τη λειτουργία μιας μονάδας ενέργειας και από τις έμμεσες εκπομπές που δημιουργούνται από την επεξεργασία και μεταφορά της βιομάζας ή την κατασκευή της μονάδας παραγωγής ενέργειας. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να διενεργηθεί ανάλυση κύκλου ζωής για τις διάφορες αέριες εκπομπές που ενισχύουν το δυναμικό της παγκόσμιας αύξησης θερμοκρασίας.

Συγκεκριμένα, διενεργήθηκε έρευνα, με στόχο την ανάλυση της πλήρους αλυσίδας ενέργειας βασισμένη σε ανάλυση κύκλου ζωής της παραγωγής ενέργειας από μια μονάδα που τροφοδοτείται μερικώς από hard coal άνθρακα και μερικώς από βιομάζα (δασικά υπολείμματα και άχυρο) συγκριτικά με μια μονάδα που τροφοδοτείται μόνο με άνθρακα.

Η έρευνα έδειξε ότι οι εκπομπές GHG από την παραγωγή ηλεκτρισμού με βιομάζα κυμαίνονται περί τα 50 g/kWh, τα οποία οφείλονται κυρίως στον εφοδιασμό του καυσίμου, την καύση και τον εφοδιασμό του ασβέστη. Οι εκπομπές CO₂ οφείλονται στην τροφοδοσία του καυσίμου και την παραγωγή ασβέστη, ενώ οι εκπομπές N₂O οφείλονται κυρίως στην διαδικασία της καύσης. Οι εκπομπές N₂O είναι σημαντικά μικρότερες στην περίπτωση χρήσης άνθρακα αλλά λόγω των πολύ υψηλότερων εκπομπών CO₂ και CH₄ οι συνολικές εκπομπές από την παραγωγή ηλεκτρισμού από καύση άνθρακα είναι συντριπτικά υψηλότερες από αυτές στην περίπτωση της βιομάζας και ξεπερνούν τα 950 g/kWh.

Γενικά, παρά το γεγονός ότι η χρήση βιομάζας συνεπάγεται εκπομπές αερίων GHG, οι έρευνες δείχνουν ότι μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά σε ένα φιλικότερο προς το περιβάλλον σύστημα παραγωγής ενέργειας και αυτό διότι το μερίδιο ευθύνης της ανθρώπινης δραστηριότητας για το φαινόμενο του θερμοκηπίου μειώνεται και οι ορυκτοί πόροι ενέργειας παρατείνουν την ύπαρξη τους.

6.2. Απαιτήσεις σε λιπάσματα

Ένα από τα προβλήματα τα οποία μπορεί να προκαλέσει η εκμετάλλευση της βιομάζας είναι η απομάκρυνση από το χώρο συγκομιδής βιομάζας η οποία περιέχει συστατικά απαραίτητα για τη λίπανση του εδάφους.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση γεωργικών υποπροϊόντων όπως είναι το άχυρο προκύπτει εύλογα η προτροπή να διατίθεται για παραγωγή ενέργειας, δεδομένου ότι αυτό χρησιμοποιείται σε ποσοστό 70%, ενώ το 25% χάνεται και το 5% καίγεται επί τόπου. Όμως, το άχυρο συμβάλει στη διατήρηση της εδαφικής γονιμότητας αλλά και επιδρά σημαντικά στις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους. Με λίγα λόγια το ενισχύει και επιτρέπει τη διέλευση βαρέων οχημάτων και μηχανημάτων χωρίς σημαντική συμπίεση του, πράγμα το οποίο θα προκαλούσε ζημιά στις καλλιέργειες. Έτσι, μια αύξηση της χρήσης του άχυρου (αντίστοιχα και άλλων γεωργικών υποπροϊόντων), για ενεργειακούς σκοπούς θα μπορούσε να επηρεάσει την τιμή του και να περιορίσει τη χρήση του στη βελτίωση του εδάφους.

Επομένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να υπολογιστεί σωστά το ποσοστό των γεωργικών υποπροϊόντων το οποίο θα διατίθεται για ενεργειακή χρήση προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα αλλοίωσης του εδάφους και ανατροπής της ισορροπίας του συστήματος.

Στο άρθρο “Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level” (Biomass&Bioenergy 26, 2004), αναπτύσσεται το πρόβλημα και προτείνονται λύσεις για την ορθολογιστική χρήση της βιομάζας που λαμβάνεται από τον τόπο παραγωγής της.

Όσον αφορά την συγκομιδή δέντρων για ενεργειακούς σκοπούς, έχει επικρατήσει το σύστημα “whole tree” δηλαδή το δέντρο μεταφέρεται άθικτο έξω από το δάσος, όπου εκεί απομακρύνονται τα υπολείμματα και λαμβάνεται η κύρια ξυλεία. Έπειτα ανεξάρτητα από το εάν το δέντρο είναι ολόκληρο ή τεμαχισμένο, το υλικό πρέπει να μεταφερθεί στη μονάδα μετατροπής και επειδή το κόστος μεταφοράς είναι μεγάλο πρέπει να επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή φόρτωση. Συνήθως, ο τεμαχισμός των κλαδιών και των κορυφών είναι δύσκολος και για το λόγο αυτό τεμαχίζεται ο κορμός. Έτσι, κατά τη συγκομιδή του ξύλου από το δάσος λαμβάνεται το 50-65% της βιομάζας

(μαζί με τα κλαδιά), ενώ η υπόλοιπη βιομάζα παραμένει εκεί. Η αύξηση του ποσοστού αυτού θα προκαλούσε αναταραχή του οικοσυστήματος και αυτό διότι η δέσμευση, μεταποίηση και ροή ενέργειας μέσα στο οικοσύστημα, εξαρτάται από τη δέσμευση, ακινητοποίηση και ροή των θρεπτικών συστατικών του εδάφους. Η απομάκρυνση δηλαδή βιομάζας συνεπάγεται και την απομάκρυνση από το οικοσύστημα ορισμένων ποσοτήτων θρεπτικών συστατικών, τα οποία αναπληρώνονται από συστατικά που μεταφέρονται στο έδαφος με το νερό της βροχής. Έτσι, όπως και στην περίπτωση των γεωργικών υποπροϊόντων για να διατηρηθεί η οικολογική ισορροπία θα πρέπει να υπολογίζεται σωστά η ποσότητα της βιομάζας που απομακρύνουμε από το οικοσύστημα. Μια πιθανή πρόταση βελτίωσης θα ήταν η κοπή των δέντρων να γίνεται τις άλλες δυο μεθόδους δηλαδή, με τη μέθοδο “short wood” ή τη μέθοδο “tree length”, όπου και στις δύο τα κλαδιά, οι κορυφές και το φύλλωμα παραμένουν στο δάσος. Η πρόταση αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των θρεπτικών συστατικών που παραμένουν στο δάσος μια και το μεγαλύτερο μέρος αυτών συγκεντρώνεται στα φύλλα, τα λεπτά κλαδιά και το φλοιό και το μικρότερο στο κορμόξυλο όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.2. που ακολουθεί.

Περιεκτικότητα σε τέφρα διαφόρων μερών των δέντρων (Καθαρή τέφρα % ξηρού βάρους)				
Είδος δέντρου	Φύλλα	Νεόφυτα	Νεαρό ξύλο	Κορμόξυλο
Δασική Οξιά	50 - 70	77	14 – 18	3 – 4
Δρυς	40 - 50	-	17 – 18	2 –3
ΔασικήΕλάτη	19	26	12	3
Ερυθρελάτη	26	27	-	2
Ελάτη	33 - 37	-	-	2 - 3

Πίνακας 6.2. Περιεκτικότητα σε τέφρα διαφόρων μερών των δέντρων ανάλογα με το είδος δέντρου. Πηγή: «Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών προϊόντων» ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ.

Η μέθοδος αυτή αυξάνει μεν το εργατικό κόστος αλλά παρέχει θέσεις εργασίας στον εντόπιο πληθυσμό και ταυτόχρονα μειώνει το κόστος μεταφοράς μια και δεν κουβαλιέται πλέον παρά το ακριβές κομμάτι του δέντρου που χρειάζεται.

6.3. Προοπτικές Προώθησης Εμπορίας Βιοκαυσίμων

Το ζήτημα της επάρκειας των βιοκαυσίμων, κυρίως στην περίπτωση μας όπου αναφερόμαστε σε καυσόξυλα για οικιακή χρήση, είναι από τα πρώτα τα οποία ανακύπτουν στην προσπάθεια της επέκτασης της χρήσης των. Με τον όρο επάρκεια δεν εννοείται μόνο η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης αλλά και η τυποποίησή της με τρόπο τέτοιο ώστε να διασφαλίζεται η συνέπεια της τροφοδοσίας, η συνέχεια της καύσης και η διασφάλιση της ελάχιστης ποιότητας της απόδοσης ενεργειακά. Δεδομένου, ότι η παραγωγή βιομάζας είναι επαρκής σε πρώτο στάδιο, είναι δυνατή η διερεύνηση τρόπων ώστε να εξασφαλιστούν και τα προηγούμενα. Θα πρέπει να καταστεί δυνατή η δημιουργία και η διαχείριση μιας πρωτοποριακής ολοκληρωμένης εφοδιαστικής αλυσίδας (integrated logistics) για τη συλλογή, μεταφορά, μεταποίηση σε εμπορεύσιμο καύσιμο προϊόν, διανομής του και μεταφοράς της θέρμανσης στον τελικό χρήστη.

Τα παραπάνω έχουν ήδη επεξεργαστεί και έχει ήδη δοθεί λύση στο ζήτημα της εμπορευματοποίησης και χρήσης της βιομάζας – κυρίως με την έννοια της δημιουργίας ενός προϊόντος με ομοιογενή χαρακτηριστικά παρά με την έννοια του ανοίγματος και προώθησης του προϊόντος στην ελεύθερη αγορά. Έχουν δημιουργηθεί τα συσσωματώματα και τα θρύμματα βιοκαυσίμων, wood pellets και wood chips όπως απαντώνται στην ξένη βιβλιογραφία. Περισσότερα στοιχεία για την χρήση των συγκεκριμένων βιοκαυσίμων να αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο όπου παρουσιάζεται και το πρόγραμμα ALTENER – BIOHEAT.

Το πρόβλημα, πλέον είναι η επέκταση της χρήσης η οποία αντιμετωπίζεται με ταυτόχρονη διάδοση τεχνογνωσίας και πληροφορίας, αλλά και με τη χρηματοδότηση συγκεκριμένων projects ή την εφαρμογή «περιβαλλοντικών φόρων» σε μονάδες που χρησιμοποιούν τα καθιερωμένα ορυκτά καύσιμα. Οι στόχοι δηλαδή, όπως αναπτύχθηκαν και στο πρόγραμμα της Υπηρεσίας Ενέργειας της επαρχίας Jamtland στη Σουηδία, είναι ποσοτικοί και ποιοτικοί. Οι ποσοτικοί στόχοι αναφέρονται στην αύξηση των κατοικιών που χρησιμοποιούν συσσωματώματα ξύλων για τη θέρμανση τους. Στο συγκεκριμένο project ο στόχος ήταν 50 κατοικίες και επετεύχθη σε βαθμό κάτι παραπάνω από ικανοποιητικό αγγίζοντας τα 95. Οι ποιοτικοί στόχοι αναφέρονται στην ευκολία πρόσβασης σε πληροφορία σχετικά με την εγκατάσταση του συγκεκριμένου συστήματος θέρμανσης ούτως ώστε να είναι εύκολη η έναρξη της χρήσης, και εκφράζεται με διάφορους τρόπους όπως ο αριθμός των τηλεφωνημάτων

που είναι απαραίτητος προκειμένου να προχωρήσει κάποιος σε εγκατάσταση του νέου συστήματος. Πληροφοριακά αναφέρεται ότι χάρη στις ενημερωτικές – εκπαιδευτικές συναντήσεις που διοργανώθηκαν, οι οποίες κάλυψαν το κενό γνώσης των κατοίκων και έκαμψαν την αντίσταση των παραδοσιακών εταιρειών απέναντι στους καυστήρες βιομάζας, 50 «νοικοκυριά» αντικατέστησαν το υπάρχον σύστημα πετρελαίου τους με ένα βιομάζας, μειώνοντας τα κόστη τους σε 500.000 SEK κατ' έτος, ενώ παράλληλα μειώθηκαν και οι εκπομπές GHG σε 500 τόνους κατ' έτος.

Τέλος, καλό είναι να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη της νέας αυτής τεχνολογίας είναι γεγονός σε χώρες της Βαλτικής (Σουηδία, Φινλανδία, Εσθονία), όπου ήδη έχει αρχίζει να αναπτύσσεται η αγορά ξεπερνώντας τα πλαίσια εφαρμογής της σε κρατικά κτίρια όπως σχολεία και δημοτικές υπηρεσίες. Οι κινήσεις είναι κυρίως από τη μεριά της Σουηδίας η οποία κατέχοντας την εμπειρία, συμμετέχει σε προγράμματα χρηματοδότησης όπως το DEMOEast στην Εσθονία, τα οποία προωθούν την συγκεκριμένη τεχνολογία, ενημερώνουν τους μελλοντικούς πελάτες και ενεργοποιούν τη βιομηχανία και το εμπόριο. Η χρηματοδότηση μπορεί να περιλαμβάνει ακόμη και εκπαιδευτικά προγράμματα, ούτως ώστε να αποκτήσουν και αυτές οι χώρες εμπειρία σε θέματα αντικατάστασης των υπάρχοντων συστημάτων θέρμανσης πετρελαίου.

Σε χώρες της κεντρικής Ευρώπης όπως είναι η Σλοβακία, οι οποίες επιθυμούν να ικανοποιήσουν τις προδιαγραφές που απαιτούνται προκειμένου να ενταχθούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση η περίπτωση της βιομάζας αποτελεί μια καλή λύση, κυρίως σε σχέση με το φυσικό αέριο το οποίο παρέχεται κυρίως από τη Ρωσία. Το φυσικό αέριο έχει τα ακόλουθα κύρια μειονεκτήματα: εκπέμπει CO₂ συμβάλλοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επηρεάζει αρνητικά το εμπορικό ισοζύγιο των χωρών αυτών και διατηρεί υψηλό κόστος για την εγκατάστασή του σε περιοχές μη αστικές. Σε αντίθεση, η βιομάζα βοηθά τις χώρες αυτές να διαμορφώσουν την κατάλληλη ενεργειακή πολιτική η οποία πρέπει να απαντά στα επόμενα ζητήματα:

- Τις δομικές αλλαγές στη ζήτηση της ενέργειας (αύξηση για υπηρεσίες και νοικοκυριά και μείωση για τη βιομηχανία)
- Το συνολικό εκσυγχρονισμό υπάρχοντων ενεργειακών παραγωγικών υποδομών
- Την αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Την ικανοποίηση των υποχρεώσεων διεθνών συμφωνιών
- Την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και της μείωσης του ποσοστού του ΑΕΠ που δαπανάται για την ενέργεια
- Την ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής ενέργειας

7. Το πρόγραμμα ALTENER – BIOHEAT

Το πρόγραμμα ALTENER – BIOHEAT “Promoting Biomass Heating in Large Buildings and Blocks” εφαρμόζεται στην Ελλάδα από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και σε συνεργασία με τους αντίστοιχους Ευρωπαϊκούς φορείς προσπαθεί να προωθήσει τη θέρμανση στον οικιακό τομέα μέσω της αξιοποίησης στερεών βιοκαυσίμων έχοντας ως κύριους στόχους:

- Τη προώθηση της παραγωγής ενέργειας με στερεά βιοκαύσιμα
- Τη χρήση της θερμότητας στον οικιακό τομέα
- Την ανάπτυξη εγκαταστάσεων μικρής κλίμακας τηλεθέρμανσης

Η θέρμανση με ξύλα πέρα από το ότι είναι φιλική προς το περιβάλλον, αποτελεί μια οικονομική λύση, διότι ως εγχώρια πηγή παρουσιάζει ασφαλέστερο εφοδιασμό και σταθερότητα στις τιμές. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας λεβήτων έχει φτάσει σε σημείο τέτοιο ώστε να οι αποδόσεις να είναι αντίστοιχες αυτών που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, ενώ παράλληλα να επιτυγχάνουν μείωση εκπομπών GHG. Επίσης, προσφέρουν άνεση στη χρήση λόγω της ασφαλούς αυτοματοποιημένης διαδικασίας καύσης των συσσωματωμάτων και των θρυμμάτων ξύλου.

7.1. Τυποποιημένα βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα διαχωρίζονται σε συσσωματώματα (pellets) και θρύμματα (chips).

Τα συσσωματώματα είναι τυποποιημένα κυλινδρικά βιολογικά καύσιμα που παρασκευάζονται με τη συμπίεση ξηρών πριονιδίων και τεμαχιδίων καθαρών υπολειμμάτων ξύλου από βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου. Δεν χρησιμοποιούνται χημικά πρόσθετα ή κόλλες στην παραγωγική διαδικασία αλλά υψηλή πίεση και ατμός. Ακόμη και αν σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται πρόσθετα, αυτά αποτελούν μικρό ποσοστό (3%) και είναι βιολογικά όπως πατάτα ή άρωμα καλαμποκιού ή υγρά από τη χαρτοβιομηχανία. Σε χώρες όπως η Σουηδία, η Αυστρία, η Γερμανία και οι ΗΠΑ έχουν καθιερωθεί πρότυπα ποιότητας και αυτό για να μην δημιουργούνται λειτουργικά προβλήματα στο λέβητα και για να διατηρείται η απόδοση σε μια σταθερή κατάσταση. Τα παραπάνω προβλήματα συνήθως προκαλούνται από την ύπαρξη άλλων συστατικών ή προσμίξεων οι οποίες αυξάνουν

σημαντικά το ποσό της στάχτης, ή αλλοιώνουν τις μηχανικές ιδιότητες με αποτέλεσμα να θρυμματίζονται εύκολα σε σκόνη.

Τα θρύμματα είναι μικρά τεμάχια ξύλου μήκους 5-50mm και η ποιότητά τους εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής. Στην Ευρώπη 3 είναι οι κύριοι τύποι θρυμμάτων:

- i. Θρύμματα από δασικά υπολείμματα όπως κλαδιά και κορυφές ή ολόκληρα δέντρα από αραίωμα, τα οποία είναι κατάλληλα για μεγάλους λέβητες σε συστήματα τηλεθέρμανσης.
- ii. Θρύμματα βιομάζας από πριονιστήρια, τα οποία έχουν καλύτερες ιδιότητες καύσης αλλά είναι πολύ υγρά για μικρούς λέβητες, εκτός αν τα υπολείμματα ξύλου έχουν ξηρανθεί
- iii. Θρύμματα βιομάζας από αραίωμα χωρίς κλαδιά και φύλλα που αφήνονται να ξηρανθούν πριν το θρυμμάτισμα, τα οποία περιέχουν 30% υγρασία και είναι ομοιόμορφα σε ποιότητα και μέγεθος ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία θρυμματισμού. Η παραγωγική διαδικασία αυτή χρειάζεται προσοχή, διότι μεγάλα τεμάχια αθρυμμάτιστου ξύλου μπορεί να προκαλέσουν λειτουργικά προβλήματα. Τα θρύμματα αυτά είναι κατάλληλα για λέβητες σε μεγάλα κτίρια.

Στον επόμενο πίνακα 7.1. παρουσιάζονται δεδομένα για βιοκαύσιμα κατάλληλα για θέρμανση μεγάλων κτιρίων.

	Συσσωματώματα ξύλου	Θρύμματα ξηρής βιομάζας
Θερμογόνος δύναμη	17.0 GJ/t	13.4 GJ/t
-ανά kg	4.7 kWh/kg	3.7 kWh/kg
-ανά m3	3077 kWh/m3	744 kWh/m3
Περιεχόμενη υγρασία	8%	25%
Φαινόμενη πυκνότητα	650 kg/m3	200 kg/m3
Στάχτη	0.5 %	1 %

Πίνακας 7.1. Στοιχεία τυποποιημένων βιοκαυσίμων.

Πηγή: Τεχνικός Οδηγός Θέρμανσης κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας. ΚΑΠΕ

Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα των **συσσωματωμάτων** είναι :

- Τυποποιημένο καύσιμο – υψηλή αξιοπιστία κατά τη λειτουργία
- Απαιτούνται μικρότεροι χώροι για την αποθήκευση

- Λιγότερες απαιτήσεις για τη λειτουργία του καυστήρα

Ενώ τα μειονεκτήματά τους είναι:

- Υψηλότερα κόστη καυσίμου
- Λιγότερα οφέλη για την τοπική οικονομία

Από την άλλη τα πλεονεκτήματα των θρυμμάτων είναι:

- Τοπική διάθεση
- Η παραγωγή ενισχύει την τοπική αγορά εργασίας
- Είναι φθηνότερα από τα συσσωματώματα

Ενώ τα μειονεκτήματά τους είναι:

- Απαιτούν μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης
- Δυσκολία στη διασφάλιση υψηλής και ομοιόμορφης ποιότητας καυσίμου
- Απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού για τη λειτουργία και τη συντήρηση

7.2. Βιωσιμότητα του συστήματος

Το όλο πρόγραμμα έχει λάβει υπ' όψη του πάρα πολλές παραμέτρους ούτως ώστε να καταστεί δυνατή η βιωσιμότητα του συστήματος.

Όσον αφορά το **διαθέσιμο χώρο** είναι απαραίτητος ο προσεκτικός σχεδιασμός διότι ένα σύστημα θέρμανσης με βιομάζα απαιτεί περισσότερο χώρο για το λέβητα και την αποθήκευση του καυσίμου αλλά και πρόσβαση στην παραλαβή του καυσίμου. Επειδή για μια καλή επίδειξη της νέας τεχνολογίας είναι καλό να υπάρχει αρκετός χώρος, είναι σημαντικό πλεονέκτημα το έργο να βρίσκεται στην αρχική φάση του σχεδιασμού για να σχεδιαστεί σωστά.

Ο **εφοδιασμός με καύσιμα** είναι επίσης σημαντικός διότι παρά το γεγονός ότι είναι διαθέσιμα, υστερεί το κομμάτι της οργάνωσης. Οι τοπικές βιοτεχνίες και βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου και η πρωτογενής γεωργική και δασική παραγωγή αποτελούν τους προμηθευτές της πρώτης ύλης. Η διασφάλιση της παραγωγής συσσωματωμάτων ξύλου, που έχουν υψηλή πυκνότητα και ενεργειακό περιεχόμενο και μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις είναι σημαντική για τη βελτίωση της κατάστασης. Ο αριθμός παραγωγών συσσωματωμάτων αυξάνει διεθνώς συνεχώς και

το πρόβλημα περιορίζεται πλέον κυρίως στην εξασφάλιση μακρόχρονου εφοδιασμού με σταθερή και καλή ποιότητα βιοκαυσίμων πριν την εγκατάσταση των συστημάτων θέρμανσης.

Η **συντήρηση του λέβητα** είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται και για την καύση του πετρελαίου με μια μεγάλη όμως διαφορά. Κατά την καύση του ξύλου δημιουργείται στάχτη η οποία δεν είναι επικίνδυνη και συχνά χρησιμοποιείται ως λίπασμα. Συγκεκριμένα, η στάχτη από θρύμματα περιέχει Zn 260-500 mg/kg και Cd 3,0-6,6 mg/kg και τα εξής συστατικά.

Συστατικά της στάχτης	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O
(% βάρους)	24,6	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8

Πίνακας 7.2. Συστατικά στάχτης θρυμμάτων βιομάζας

Πηγή: Τεχνικός Οδηγός Θέρμανσης κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας. ΚΑΠΕ

Στο λέβητα ξύλου θα πρέπει οι στάχτες να απομακρύνονται περιοδικά και καλό είναι να έχει καταγραφεί στις διαδικασίες συντήρησης, ποιος έχει την ευθύνη τόσο για τη στάχτη όσο και για την παρακολούθηση του αποθέματος καυσίμου. Επίσης, αν χρησιμοποιείται λέβητας χωρίς αυτόματο σύστημα καθαρισμού του εναλλάκτη, πρέπει να καθαρίζεται ο λέβητας από την ιπτάμενη τέφρα.

Η **εκτίμηση των απαιτήσεων σε ισχύ και καύσιμο** είναι επίσης πολύ σημαντική και για το λόγο αυτό θα πρέπει να αποσαφηνιστούν οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου στη αρχική φάση του σχεδιασμού. Διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

Αντικατάσταση του υπάρχοντος συμβατικού συστήματος θέρμανση. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προηγούμενη ζήτηση σε καύσιμα για να υπολογιστεί η μελλοντική καθώς και οι απαιτήσεις σε ισχύ. Συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις σε ισχύ υπολογίζονται από τη θερμότητα που χρησιμοποιείται λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση του λέβητα, τις ώρες πλήρους φορτίου για τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και τη χρήση του κτιρίου.

Εγκατάσταση σε νέο κτίριο. Στην περίπτωση αυτή, το θερμικό φορτίο και η ενεργειακή ζήτηση θα υπολογισθούν με βάση τα δεδομένα της μόνωσης και των επιφανειών, αλλά και τη ζήτηση σε ζεστό νερό πιο πολύ από τις προδιαγραφές του κτιρίου που γενικά χρησιμοποιούνται.

Η **εκτίμηση των οικονομικών** συγκριτικά με άλλα συστήματα θέρμανσης, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ενός υπολογιστικού φύλλου που παρέχεται στην ιστοσελίδα www.bioheat.info ή γενικότερα με μια απλή μέθοδο ανάλυσης της επενδυτικής απόφασης. Πολύ χρήσιμη είναι και η παρακολούθηση της αγοράς αλλά και την εξέταση παρόμοιων περιπτώσεων εφαρμογών.

7.3. Προτεινόμενες λύσεις σε πιθανά προβλήματα

Στα πλαίσια του προγράμματος ALTENER – BIOHEAT έχουν προβλεφθεί πιθανά προβλήματα που μπορεί να ανακύψουν και έχουν επεξεργαστεί συγκεκριμένες προτάσεις.

Επιγραμματικά αναφέρουμε ότι με σκοπό την υψηλότερη απόδοση και τις μειωμένες εκπομπές σκόνης και CO₂ έχουν επιτευχθεί βελτιώσεις ιδιαίτερα στο σχεδιασμό του χώρου καύσης, την τροφοδοσία αέρα στην καύση και το σύστημα αυτομάτου ελέγχου για τη διεργασία της καύσης.

Πέρα από τους αυτόματους λέβητες ξύλου, μέριμνα έχει ληφθεί και για την αντιμετώπιση των διακυμάνσεων φορτίου και αύξηση της ασφάλειας εφοδιασμού που οφείλονται στη μεταβολή των καιρικών συνθηκών, της συμπεριφοράς του χρήστη κτλ.

Επίσης, επειδή ο λέβητες βιοκαυσίμου έχει μεγαλύτερη αδράνεια στην παραγωγή θερμότητας από το λέβητα πετρελαίου ή αερίου, έχουν βρεθεί τρόποι να απομακρυνθεί η θερμότητα που συνεχίζει να παράγεται σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ασφάλεια ακολουθεί το πρότυπο EN 303-5.

Ο ενδεχόμενος θόρυβος από σύστημα αξιοποίησης βιομάζας πιθανόν να δημιουργήσει προβλήματα στους κατοίκους αλλά μπορεί να αντιμετωπισθεί κατά τη φάση του σχεδιασμού απλά και φτηνά. Ακόμη και ο θόρυβος που μπορεί να προκληθεί κατά τη διαδικασία εφοδιασμού του καυσίμου μπορεί να αντιμετωπιστεί με σωστή χωροθέτηση και πρακτικές διευθετήσεις του εφοδιασμού με καύσιμο.

Τέλος, πέρα από τη λύση πιθανών προβλημάτων έχουν αναγνωριστεί και ευκαιρίες όπως ο συνδυασμός λέβητα βιοκαυσίμου με ηλιακό σύστημα για τη θέρμανση νερού,

προσφέροντας αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα σε όρους απλότητας, κόστους και ενεργειακής απόδοσης.

Κλείνοντας την αναφορά στο πρόγραμμα ALTENER σημειώνεται ότι στα πλαίσια του προγράμματος εντάσσεται και το πρόγραμμα “Pellets for Europe”, το οποίο έχει στόχο να υποστηρίξει την ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής αγοράς συσσωματωμάτων,

- ενεργοποιώντας νέες αγορές μέσω της διευκόλυνσης συνεργασίας των συμμετεχόντων στην αγορά,
- ενεργοποιώντας νέες αγορές συσσωματωμάτων από γεωργικά υποπροϊόντα μέσω μελετών και καμπάνιες ενημέρωσης,
- υποστηρίζοντας την ανάπτυξη και ολοκλήρωση της Ευρωπαϊκής αγοράς παρέχοντας πληροφόρηση για τεχνικά και εμπορικά ζητήματα.

8. Παραδείγματα χρήσης βιομάζας

Στην προσπάθεια ενίσχυσης των θεωρητικών και εργαστηριακών αποδείξεων σχετικά με την αποτελεσματικότητα περιβαλλοντικής και οικονομικής αξιοποίησης των βιοκαυσίμων, παρατίθενται παραδείγματα πραγματικών περιπτώσεων χρήσης βιομάζας. Τα παραδείγματα αναφέρονται σε διάφορες χώρες και σε διαφορετικές προσεγγίσεις αξιοποίησης ούτως ώστε να καλύψουν όσο το δυνατόν ευρύτερο φάσμα της δραστηριότητας.

8.1. Μονάδα θέρμανσης με άχυρο Satenergi AB- 4 MW

Στη Σουηδία, είναι σε εξέλιξη το project Satenergi, που έχει να κάνει με την επικερδή συνεργασία τόσο του ιδιοκτήτη όσο και του πελάτη και του προμηθευτή καυσίμου στο νότιο κομμάτι της χώρας, κοντά στη λίμνη Vdnern. Ο πελάτης είναι η βάση της πολεμικής αεροπορίας, η οποία αγοράζει περίπου 20 GWh ενέργειας τηλεθέρμανσης ετησίως, παρέχοντας προσωπικό της για τη λειτουργία της μονάδος. Ο προμηθευτής του καυσίμου είναι ένας οργανισμός που αποτελείται από 40 ντόπιους αγρότες στους οποίους ανήκει το 9% της Satenergi AB. Ο κύριος μέτοχος (με 91%) είναι η Lantmδnnen Energi AB, μια επικουρική συμβουλευτική εταιρεία που παρέχει διοικητική και τεχνική υποστήριξη σε έναν αγροτικό συνεταιρισμό 55000 αγροτών από το 1994. Η αρχική επένδυση ήταν το 1993 1,4 εκατ. € και το συμβόλαιο με την αεροπορική βάση λήγει το 2013. Τα θετικά που προέκυψαν από την εφαρμογή του project είναι τα εξής.

- Ο πελάτης αγοράζει θερμική ενέργεια στο 70% της τιμής πετρελαίου
- Χάρη στο εγχείρημα αυτό ο πελάτης έχει δημιουργήσει θετική και φιλική προς το περιβάλλον εικόνα
- Οι ντόπιοι αγρότες (προμηθευτές των καυσίμων) έχουν μια επιπλέον πηγή εισοδήματος, ένα συνολικό ποσό 250.000€
- Οι ιδιοκτήτες κερδίζουν χρήματα.

Τα αρνητικά στοιχεία που υπήρχαν ήταν παροδικά προβλήματα ποιότητας του καυσίμου, λόγω παρεκκλίσεων από το ιδανικό ποσοστό υγρασίας και λάσπης στο άχυρο. Τα προβλήματα αυτά λύθηκαν με εκπαίδευση των αγροτών και πληρωμή σε καλή τιμή της συγκεκριμένης ποιότητας καυσίμου.

8.2. Επιτυχής εισαγωγή βιομάζας μικρής κλίμακας στην Βαυαρία.

Πέρα από τη δημιουργία κέρδους, η εφαρμογή της βιομάζας μπορεί να οδηγήσει σε πραγματοποίηση πολιτικών στόχων. Η εκτεταμένη χρήση βιομάζας παίζει αυτό το σημαντικό ρόλο στη Βαυαρία, η οποία έχει ως στόχο να επεκτείνει το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά μέσο όρο στο 13% της πρωτογενούς κατανάλωσης. Ένας στόχος της Βαυαρικής Κυβέρνησης είναι η αύξηση του μερίδιου της βιομάζας, που συνεισφέρει στην παραγωγή ενέργειας από 3% ως 5% περίπου στο προσεχές μέλλον. Οι κύριοι παράγοντες επιτυχίας της συγκεντρωμένης εισαγωγής και προώθησης της βιομάζας στη Βαυαρία είναι οι εξής.

- Υποστήριξη της τοπικής αυτοδιοίκησης με χρηματικές επιχορηγήσεις για τις εγκαταστάσεις βιομάζας
- Προνομιακές νομικές ρυθμίσεις όπως η θεσμοθέτηση συγκεκριμένης τιμής για τη βιομάζα ή τυποποιημένη περιγραφή ξυλοκαυσίμων
- Δυναμικές προσπάθειες Έρευνας και Ανάπτυξης
- Πληροφόρηση
- Εκπαίδευση

Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα την εγκαθίδρυση ισχυρού γηγενούς δυναμικού βιομηχανίας που ωφελείται από μια ακμάζουσα εγχώρια αγορά.

8.3. Πρωτοπόρος στη θέρμανση με βιομάζα. Δήμος Vöře στη Φινλανδία

Ο πρωτοπόρος στη θέρμανση με χρήση βιομάζας, δήμος Vöře, στη δυτική Φινλανδία, από το 1993 εργάζεται προς την κατεύθυνση μετατροπής του συστήματος θέρμανσης των δημοτικών κτιρίων σε συστήματα βιομάζας. Μέχρι το 2003 το 95% των κτιρίων θερμαίνονταν με βιομάζα και αυτό χάρη στις μακροχρόνιες πολιτικές δεσμεύσεις, διορατικών και εμπνευσμένων στελεχών, για τη χρήση διαφόρων τύπων θέρμανσης όπως τα συσσωματώματα και τα θρύμματα. Από τη περίπτωση αυτή εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα.

- Μια στρατηγική για την ενέργεια με ξεκάθαρους στόχους μπορεί να είναι πιο πρακτική και ευέλικτη από ένα λεπτομερές σχέδιο για την ενέργεια

- Τα καλά παραδείγματα από τις εφαρμογές στον δημόσιο τομέα, οδήγησαν στην εγκατάσταση 35 συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα στον ιδιωτικό τομέα.
- Σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τις αποφάσεις συστημάτων θέρμανσης σε τοπικό επίπεδο είναι τα οικονομικά, η τοπική απασχόληση, και οι περιβαλλοντικές επιδράσεις.
- Επίσης, σημαντικό ρόλο στη δημιουργία των μελετών και των συγκριτικών εκτιμήσεων επιδράσεων παίζουν οι διάφοροι ενεργειακοί φορείς.

8.4. Τοπική εφαρμογή βιομάζας μικρής κλίμακας στην Αυστρία

Το 1993 στο άνω τμήμα της Αυστρίας, μια αρκετά βιομηχανοποιημένη περιοχή πέρασε το πρώτο πλάνο Ενέργειας, το οποίο έθετε ισχυρούς στόχους για την μείωση των ορυκτών καυσίμων, με την αύξηση τόσο της ενεργειακής απόδοσης όσο και με την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ μέχρι το 2000. Το σχέδιο οδήγησε σε αύξηση των ΑΠΕ από 25% το 1993 στο 30% το 2000 συμπεριλαμβάνοντας 15000 σύγχρονα αυτόματα συστήματα θέρμανσης με ξύλο. Το 2000 η επιτυχής πρώτη φάση του σχεδίου δράσης για την ενέργεια συνεχίστηκε με τη στρατηγική “Energy21”. Τέθηκαν και πάλι ισχυροί στόχοι με χρονικό όριο το 2010 οι οποίοι μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν το διπλασιασμό του μεριδίου των συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα και των θερμικών ηλιακών συλλεκτών ταυτόχρονα με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και παροχή θερμού ύδατος σε ποσοστό 20%.

Οι λόγοι που οδήγησαν στα παραπάνω δεν ήταν μόνο οι πολιτικές δεσμεύσεις αλλά και κατανοητά προγράμματα και ένα ευρύ μείγμα μέτρων όπως στρατηγικές πληροφόρησης και ενημέρωσης, οικονομική υποστήριξη και νομικά μέτρα, εκπαίδευση, σεμινάρια, συνέδρια και διενέργεια Έρευνας και Ανάπτυξης.

Το παραπάνω παράδειγμα έδειξε στην πράξη ότι η εφαρμογή Ευρωπαϊκών ή εθνικών προγραμμάτων εξαρτάται πολλές φορές από το τοπικό επίπεδο διοίκησης αρκεί να υπάρχει η απαραίτητη πολιτική υποστήριξη. Επίσης, έδειξε ότι οι ΑΠΕ, ταυτόχρονα με την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης μπορούν να αποτελέσουν λύση για την ασφάλεια της προμήθειας ενέργειας στην Ευρώπη.

8.5. Δευτερεύον καύσιμο από υπολείμματα βιομηχανίας ανακύκλωσης χάρτου

Στην περιοχή Novem, στις Κάτω Χώρες, σε ένα μύλο χάρτου ανατέθηκε να δημιουργήσει στερεά καύσιμα συσσωματώματα από απόβλητα υλικά.

Η μονάδα άλλαξε τη διαδικασία επεξεργασίας και ο μύλος ανακύκλωσης χωρίστηκε σε οργανικούς και μικρούς ανόργανους τομείς. Ο οργανικός τομέας διαχωρίστηκε σε λάσπη ξηρού χάρτου, και καύσιμα όπως ίνες υφασμάτων, πλαστικές, ξύλινες και ίνες σχοινιών. Σε μια νέα μονάδα παραγωγής, ο μύλος μετατρέπει το καύσιμο αυτό κομμάτι σε στερεά καύσιμα συσσωματώματα χρησιμοποιώντας διαδικασίες πολλών σταδίων.

Τα προϊόντα αυτά διατίθενται στην αγορά ως στερεά οργανικά καύσιμα με το όνομα ROFIRE. Μέχρι το 2000 η μονάδα παρήγαγε 16000ts ROFIRE ετησίως χρησιμοποιώντας 30000ts στερεών αποβλήτων. Η θερμαντική αξία των συσσωματωμάτων είναι περίπου 23,7GJ/t, επομένως, η ετήσια παραγωγή αντιπροσωπεύει 380.000GJ, ισοδύναμη με 9.000ts άνθρακα. Η καύση του ROFIRE δεν μειώνει τις εκπομπές CO₂ κατά την καύση, αλλά δεδομένου ότι τα απόβλητα αυτά θα καίγονταν ούτως ή άλλως, υπάρχει συνολική μείωση ισοδύναμη με την εκπομπή που είχε ως αποτέλεσμα η καύση των ισοδύναμων 9000ts άνθρακα ή άλλου καυσίμου αντίστοιχα.

Όσον αφορά την οικονομική αξιοποίηση, τα συσσωματώματα πωλούνται προς 0,6€/GJ (14€/t), έτσι το ετήσιο κέρδος είναι 228.000€. Δεδομένης της ελάττωσης του κόστους απόρριψης, η περίοδος αποπληρωμής είναι περίπου 4 έτη.

8.6. Επιτυχής εφαρμογή βιομάζας στην Ιρλανδία

Η Ιρλανδία αν και ξεκινώντας από χαμηλά κατόρθωσε να προχωρήσει σε αξιολόγα επίπεδα χρήσης βιομάζας τελευταία. Υπολογίζεται, μάλιστα ότι, θα αναπτυχθούν τρεις εγκαταστάσεις παραγωγής ξυλοκαυσίμων της τάξεως των 50000 ts, στα πλαίσια της δασικής βιομηχανίας και του αγροτικού τομέα μέχρι το τέλος του 2003 (δεν έχουν ανακοινωθεί ακόμη τα ακριβή αποτελέσματα των έργων). Τα παραπάνω είναι αποτέλεσμα ενός ολοκληρωμένου σχεδίου δράσης που περιλαμβάνει έρευνα αγοράς, διασπορά πληροφορίας, οργανωμένα δρώμενα, εθνικούς στόχους και φυσικά ένα πρόγραμμα χρηματοδότησης, χάρη στο οποίο επετεύχθησαν όλα αυτά.

Τα αποτελέσματα για τις τρεις αυτές μονάδες παραγωγής είναι τα εξής.

- 70 ktoe ενέργειας παράχθηκε από ΑΠΕ
- 45% αύξηση χρήσης της βιομάζας
- Εξοικονόμηση 176.000 ts πετρελαίου ετησίως
- Κέρδη από την υποκατάσταση του πετρελαίου 36 εκατ.€ ετησίως
- Μείωση 250.000 ts ισοδύναμων CO₂ ετησίως
- Δημιουργία 72 νέων θέσεων εργασίας
- Αναπτύχθηκαν τα συστήματα θέρμανσης βιομάζας έναντι των αντίστοιχων ορυκτών καυσίμων

Τα παραπάνω παραδείγματα δίνουν μια θετική εικόνα για την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων σε διάφορες περιοχές της Ευρώπης και για διάφορες χρήσεις. Παρατηρούμε ότι στα παραδείγματα αυτά κυριαρχεί το στοιχείο της τοπικής δράσης και των μονάδων που είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες της κάθε περιοχής.

Δεν επιτυγχάνεται η ομοιογένεια που επιτυγχάνουν τα υπόλοιπα διαδομένα ορυκτά καύσιμα αλλά και αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό που χαρακτηρίζει τη φύση, κυρίως στην περίπτωση της Ευρώπης, η ποικιλομορφία και η ιδιαιτερότητα. Το χαρακτηριστικό αυτό αν μελετηθεί σωστά και προταθούν οι κατάλληλες εφαρμογές μπορεί να μετατρέψει τη δυσκολία αυτή σε συγκριτικό πλεονέκτημα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αποφέροντάς της τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά οφέλη.

9. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία προσανατολίζονται αφ' ενός μεν στην απόδειξη, περί της δυνατότητας οικονομικής και περιβαλλοντικής αξιοποίησης των βιοκαυσίμων, αφετέρου δε στον τρόπο με τον οποίο κάτι τέτοιο θα ήταν εφικτό. Δεν θα ήταν χρήσιμο να μιλήσουμε απόλυτα συντριπτικά υπέρ της βιομάζας, αλλά θα πρέπει να βρούμε την βέλτιστη δυνατή εφαρμογή, ή τουλάχιστον να προσπαθήσουμε προς αυτή την κατεύθυνση.

Κατά πρώτον, βάση των στατιστικών αποδεικνύεται ότι η βιομάζα αποτελεί την κύρια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για θέρμανση στην Ευρώπη, καθώς επίσης ότι το δυναμικό της είναι υψηλό και σε πολλές περιπτώσεις ανεκμετάλλευτο.

Χρησιμοποιώντας, το υπολογιστικό εργαλείο RETScreen, σε μια πραγματική περίπτωση οικίας, καταλήξαμε στα ακόλουθα συμπεράσματα για τη βιομάζα, συγκριτικά με τις άλλες τρεις δυνατότητες θέρμανσης που υπάρχουν στη χώρα μας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και τα ηλεκτρικά κλιματιστικά.

- Υπερτερεί συντριπτικά έναντι των άλλων τρόπων θέρμανσης, εμφανίζοντας τις λιγότερες εκπομπές GHG. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση που υποκαθιστά το πετρέλαιο, εκπέμπονται ετησίως 7,1 ts CO₂ λιγότεροι, ενώ στην περίπτωση του φυσικού αερίου το ποσό αυτό ανέρχεται στους 5,3 ts και στην περίπτωση των ηλεκτρικών κλιματιστικών συσκευών στους 26,3 ts.
- Ως οικονομική επένδυση αποδεικνύεται καλύτερη από τα ηλεκτρικά κλιματιστικά, των οποίων οι ταμειακές ροές ξεκινούν από τα -5000€ περίπου και μειώνονται με βήμα γύρω στα 1000€ ετησίως.
- Σε σχέση με το πετρέλαιο, αποδεικνύεται ότι σε ενδεχόμενη αύξηση της τιμής του πετρελαίου κατά 0,023€/lt, η βιομάζα αποδεικνύεται πιο οικονομική, εμφανίζοντας κέρδη μετά τα 12 έτη. Για να αποκτήσει το σύστημα θέρμανσης με βιομάζα παρόμοιες ταμειακές ροές με αυτό του πετρελαίου πρέπει η τιμή του πετρελαίου να αγγίξει τα 0,415€/lt. Σε αυτό θα πρέπει να προστεθεί και η οικονομική σταθερότητα και ανεξαρτησία που παρέχει στη χώρα η αξιοποίηση του ανεκμετάλλευτου δυναμικού της
- Οι επιχορηγήσεις για την εγκατάσταση, καθώς και οι επιδοτήσεις ή αντίστοιχα τα πρόστιμα για την εκπομπή GHG ενισχύουν ακόμη περισσότερο την οικονομική θέση της βιομάζας. Συγκεκριμένα, μια αρχική

επιχορήγηση 1500€ για την εγκατάσταση του συστήματος βιομάζας μπορεί να το κάνει να εμφανίζει θετικές ταμειακές ροές για 42 έτη. Επίσης, μια επιδότηση της τάξης των 7,8€/t για κάθε t CO₂ που δεν εκπέμπεται ετησίως, οδηγεί στην εμφάνιση θετικών ταμειακών ροών απο το πρώτο έτος και απόσβεση της επένδυσης στα 15 έτη.

- Σε πυκνό αστικό περιβάλλον και κυρίως σε περιπτώσεις πολυκατοικιών, το δίκτυο φυσικού αερίου δείχνει να είναι οικονομικότερο και πιο άνετο στη χρήση λόγω της ευκολίας τροφοδοσίας, του μικρότερου απαιτούμενου χώρου και των οικονομιών κλίμακας που επιτυγχάνονται. Συγκεκριμένα, τα πάγια έξοδα για τη συνολική εγκατάσταση του φυσικού αερίου είναι τα ίδια για μια μονοκατοικία και για μια πολυκατοικία αγγίζοντας περίπου τα 2000€ Επίσης, δεν χρειάζεται χώρος για την εγκατάσταση ντεπόζιτου καυσίμου πράγμα σημαντικό στις αστικές περιοχές όπου το κόστος για κάθε m² είναι υψηλό.
- Σε περίπτωση εφαρμογής σε μη αστικές περιοχές, ενισχύεται η θέση της βιομάζας λόγω της εγγύτητας στην πηγή βιοκαυσίμων, της άνεσης χώρου και του υψηλού κόστους δημιουργίας δικτύου φυσικού αερίου σε πιο αραιοκατοικημένες περιοχές.

Λαμβάνοντας υπόψη, στα πλαίσια του προγράμματος ALTENER- BIOHEAT, τη νέα τεχνολογία των συσσωματωμάτων και θρυμμάτων ξύλου, η θέση της χρήσης βιομάζας για θέρμανση ενισχύεται, διότι αυξάνεται η απόδοση των βιοκαυσίμων, τυποποιούνται ως εμπορεύσιμο προϊόν και είναι δυνατή η ολοκληρωμένη μελέτη για την εγκατάσταση και χρήση τέτοιων συστημάτων και της εφοδιαστικής αλυσίδας τους.

Αναπτύσσοντας τα πιθανά προβλήματα που συνεπάγεται η χρήση των βιοκαυσίμων όπως οι αέριες εκπομπές, οι εισροές σε λιπάσματα και η αδύναμη εφοδιαστική αλυσίδα, που πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια των καυσίμων, παρατηρήθηκαν τα εξής. Τα προβλήματα των αέριων εκπομπών ήταν μικρότερα από τα αντίστοιχα που προκαλούσε η χρήση άλλων συμβατικών πηγών ενέργειας. Επίσης, με την επέκταση της χρήσης και την ανάπτυξη των εφαρμογών αποκτάται η εμπειρία, η γνώση και δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την πιο ορθολογική χρήση που οδηγεί στην

καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των βιοκαυσίμων και εξάλειψη των προβλημάτων τους σε μεγάλο ποσοστό.

Τέλος, με την παρουσίαση των πραγματικών περιπτώσεων χρήσης βιομάζας, διαπιστώνεται ότι αν υπάρξει

- η κατάλληλη υποστήριξη από την πολιτεία με τη μορφή χρηματοδότησης
- εκπαίδευση και ενημέρωση σε θέματα που αφορούν τις εφαρμογές βιομάζας
- τοπική δράση
- αξιοποίηση του ανεκμετάλλευτου δυναμικού
- πρότυπη επιτυχημένη εφαρμογή αρχικά σε δημόσια κτίρια

είναι δυνατή η επέκταση στον ιδιωτικό τομέα και η θετική πορεία της εφαρμογής βιομάζας για θέρμανση στο μέλλον.

Πίνακας συντομογραφιών

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΛΚΕΠΑ	Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ALTENER	Alternative Energy. Πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας.
CEDRL	Ερευνητικό Εργαστήριο Διαφοροποίησης Ενέργειας Καναδά Canada's Energy Diversification Research Laboratory
GHG	Αέρια υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου Green House Gases
LCA	Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis)
NASA	Εθνική Αεροναυτική και Διοίκηση Διαστήματος των Η.Π.Α (National Aeronautics and Space Administration)
RET	Τεχνολογία Ανανεώσιμης Ενέργειας
UNEP	Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environment Programme)
WEB	Wood Energy Barometer. Δείκτες που αντανακλούν την τρέχουσα δυναμική των τομέων ανανεώσιμης ενέργειας παγκόσμια και μέσα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, και υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το πρόγραμμα ALTENER.
BTU	British Thermal Units
Toe	Tons of Oil Equivalent
Mtoe	Tons of Oil Equivalent *10 ⁶

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ:

Α.Χονδρογιάννη (1985) “Υδραυλικές εγκαταστάσεις”

Μ.Αποστολάκη, Σ.Κυρίτση, Χ.Σούτερ (1987) “Το ενεργειακό δυναμικό της Βιομάζας Γεωργικών και Λασικών υποπροϊόντων έρευνα στον ελλαδικό χώρο”
ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ.

Μελέτη του ΟΟΣΑ(1990) “Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Οικονομική και Πολιτική προσέγγιση” ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ.

ΟΔΗΓΟΙ:

(1999) “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Κρήτη- Πρόγραμμα ALTENER II”
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ενεργειακό Κέντρο Περιφέρειας Κρήτης, ΚΑΠΕ

Θ.Τσούτσος, Ι.Μαυρόγιαννης (2003) “Τεχνικός Οδηγός – Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας” Κ.Α.Π.Ε.

ΑΡΘΡΑ - ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ:

Margaret K. Mann () “A Comparison of the Environmental Consequences of Power from Biomass, Coal, and Natural Gas”, National Renewable Energy Laboratory
Golden, Colorado USA

European Comission D.G. for Transport& Energy, (2001) “RENEWABLE ENERGY SOURCES STATISTICS IN THE EUROPEAN UNION 1989-1998 Part I & II”
EUROSTAT

D.Vamvuka, T.D.Tsoutsos (2001) “Energy Exploitation of agricultural residues in Crete”

(2003) “Final Report BIOHEAT, Promoting Biomass heating in large buildings and blocks.Altener” Austrian Energy Agency

L.Gustavsson, R.Madlener (2003) “CO₂ mitigation costs of large-scale bioenergy technologies in competitive electricity markets”,ENERGY

D.Freppaz, R.Minciardi, M.Robba, M.Rovatti, R.Sacile,A.Taramasso. (2004)
“Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level”
Biomass&Bioenergy

J.Viglasky (1999) “Development of Wood Chips and Pellets market in Slovakia”SK-BIOM, Slovakia

F.H.Koch (2000) *“Hydropower –Internalised Costs and Externalised Benefits”*
Ottava, Canada

D.Hartmann, (1999) *“GHG emissions from the full energy chain of biomass based electricity generation systems”* European Energy Crops Network

Managenergy (2004) *“Reducing Greenhouse Gas Emissions through the Use of Biomass Energy in Northwest Slovakia”* BIOMASA Association of legal entities/
Regional Energy Management Agency Zilina Slovakia

Managenergy (2004) *“Vora municipality in Finland- a forerunner in biomass heating”*

Managenergy (2004) *“SIDA DemoEast programme in Estonia. Supply, delivery and installation of wood pellet burning equipment”* Regional Energy Centres (REC),
Estonia

Managenergy (2004) *“Comfortable use of wood pellets in one-family houses in Jämtland County”* Jämtland County Energy Agency, Sweden

Managenergy (2004) *“Regional implementation of small scale biomass in Upper Austria”*

Managenergy (2004) *“Successful Biomass Implementation in Ireland”* Regional
Energy Information Office, REIO, Ireland

Managenergy (2004) *“Successful introduction of small scale biomass in the region of Bavaria”* GmbH Z.R.E.U,Germany

Managenergy (2004) *“Såtenergi AB- 4 MW Straw heating plant Lantmännen Energi AB, Sweden”*

Managenergy (2004) *“Rofire: The perfect secondary fuel from recycled paper industry refuse”* Novem, The Netherlands