

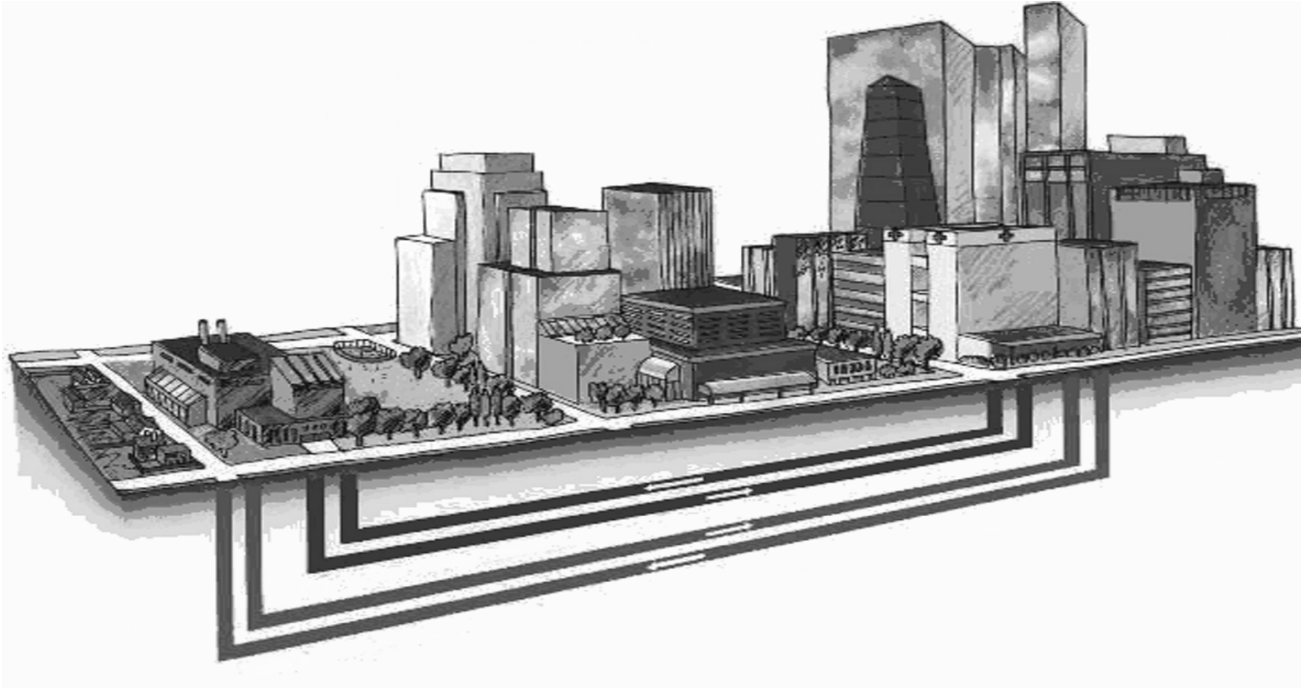


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Τομέας Θερμότητας

Εργαστήριο Ατμοπαραγωγών και Θερμικών Εγκαταστάσεων



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΓΡΕΒΕΝΩΝ ΜΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Λασποπούλου Ταρίνα

Επιβλέπων

Καθ. Εμμ. Κακαράς

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Αθήνα, Μάρπος 2008

Πρόλογος

Πριν την παρουσίαση της παρούσας εργασίας που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ατμοπαραγωγών και Θερμικών εγκαταστάσεων του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που με τη συνεργασία τους και τη βοήθειά τους συνεισέφεραν στην πραγματοποίησή της.

Πρωτίστως θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον κ. Κακαρά, καθηγητή ΕΜΠ για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον υποψήφιο διδάκτορα Μιχάλη Αγρανιώτη για την υπομονή, την κατανόηση και την πολύτιμη βοήθειά του στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας καθώς και τον Δρ. Παναγιώτη Γραμμέλη για τη σημαντική καθοδήγησή του. Θα ήθελα να απευθύνω επίσης τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Σκαρβέλη, εντεταλμένο ερευνητή του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε και κ. Λυριντζή, διευθυντή του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε για την ανεκτίμητη βοήθειά τους στη συλλογή και αποκωδικοποίηση των στοιχείων που αφορούν στη δασική βιομάζα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΟΜΑΖΑ	8
1.1 Πλαίσιο για τις ΑΠΕ	8
1.2 Γενικά για τη βιομάζα	9
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας	10
1.3.1 Πλεονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας	10
1.3.2 Μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας	11
1.4 Δυναμικό της βιομάζας	11
1.5 Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας	12
1.5.1 Θερμοχημικές διεργασίες	12
1.5.1.1 Πυρόλυση	12
1.5.1.2 Αεριοποίηση	13
1.5.1.3 Καύση	13
1.6 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας	15
1.6.1 Θερμική ενέργεια από βιομάζα στην Ευρωπαϊκή Ένωση	15
1.6.2 Ηλεκτρική ενέργεια από βιομάζα στην Ευρωπαϊκή Ένωση	16
1.6.3 Εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας	19
1.7 Δασική βιομάζα	19
1.7.1 Γενικά για τη δασική βιομάζα	19
1.7.2 Εργασίες υλοτομικές και συγκομιστικές	20
1.7.3 Τύποι δασικής βιομάζας	20
1.7.3.1 Τεμάχια συμπαγούς ξύλου	21
1.7.3.2 Θρύμματα ξύλου	21
1.7.3.3 Συσσωματώματα πριονιδίου	22
1.7.4 Δασική βιομάζα στην ηλεκτροπαραγωγή	23
1.7.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις δασικής βιομάζας	24
1.7.5.1 Χημική σύσταση του ξύλου	24
1.7.5.2 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις	25
1.7.5.2.1 Εκπομπές αέριων ρύπων	25
1.7.5.2.2 Ηχορύπανση	30
1.7.5.2.3 Αισθητική αλλοίωση του τοπίου	30
1.7.5.3 Όρια εκπομπών ρύπων	31
1.7.5.3.1 Οριακές τιμές εκπομπής διοξειδίου του θείου (SO ₂)	31
1.7.5.3.2 Οριακές τιμές εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO _x)	33

1.7.5.3.3 Οριακές τιμές εκπομπής σωματιδίων	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ	36
2.1 Γενικά για την τηλεθέρμανση	36
2.2 Κύρια στοιχεία συστήματος τηλεθέρμανσης	36
2.2.1 Μονάδα παραγωγής θερμότητας	36
2.2.2 Σύστημα μεταφοράς θερμότητας και δίκτυο διανομής	37
2.2.3 Κτιριακές εγκαταστάσεις	37
2.3 Κεντρική εγκατάσταση	37
2.4 Σχεδιασμός τηλεθέρμανσης	38
2.4.1 Επιλογή Θερμοκρασίας και εργαζόμενου μέσου	38
2.4.2 Αποδιδόμενο ποσό θερμότητας	38
2.4.3 Μεγέθη σωληνώσεων	38
2.4.4 Σύστημα επιστροφής	38
2.4.5 Απαιτήσεις πίεσης	39
2.5 Πλεονεκτήματα τηλεθέρμανσης-Σύγκριση με περίπτωση αυτόνομων συστημάτων θέρμανσης	39
2.5.1 Οικονομικά οφέλη	39
2.5.1.1 Προσωπικό λειτουργίας	39
2.5.1.2 Ασφάλεια	39
2.5.1.3 Χώρος	39
2.5.1.4 Συντήρηση εξοπλισμού	40
2.5.1.5 Υψηλότερη Θερμική απόδοση	40
2.5.1.6 Μεγαλύτερο εύρος κατάλληλων καυσίμων	40
2.5.1.7 Οικονομικά της ενεργειακής πηγής	40
2.5.1.8 Αρχικό κεφάλαιο επένδυσης	40
2.5.2 Περιβαλλοντικά οφέλη	41
2.5.2.1 Γενικά για τα περιβαλλοντικά οφέλη	41
2.5.2.2 Παραδείγματα περιβαλλοντικών οφελών σε χώρες της Ευρώπης	41
2.5.2.2.1 Κοπεγχάγη, Δανία	41
2.5.2.2.2 Ελσίνκι, Φινλανδία	41
2.6 Εφαρμογές τηλεθέρμανσης	42
2.6.1 Ιστορικά στοιχεία	42
2.6.2 Παράγοντες διείσδυσης τηλεθέρμανσης στην αγορά θερμότητας στην Ευρώπη	42

2.6.2.1 Περιβαλλοντικές συνθήκες	43
2.6.2.2 Πυκνότητα πληθυσμού	43
2.6.2.3 Οικονομικά χαρακτηριστικά τηλεθέρμανσης	43
2.6.2.4 Συνήθειες θερμικής κατανάλωσης	43
2.6.2.5 Πρότυπα ιδιοκτησίας	43
2.6.2.6 Κυβερνητικός Σχεδιασμός	43
2.6.3 Αριθμητικά στοιχεία τηλεθέρμανσης στην Ευρώπη και στην Αμερική	44
2.6.4 Στοιχεία τηλεθέρμανσης στην Ευρώπη, στην Αμερική και στην Ελλάδα	46
2.6.4.1 Δανία	46
2.6.4.2 Φινλανδία	46
2.6.4.3 Γερμανία	46
2.6.4.4 Νορβηγία	47
2.6.4.5 Ολλανδία	47
2.6.4.6 Η.Π.Α	47
2.6.4.7 Ελλάδα	47
2.6.4.7.1 Τηλεθέρμανση Κοζάνης	48
2.6.4.7.2 Τηλεθέρμανση Αμυνταίου	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	49
3.1 Δυναμικό από γεωργική βιομάζα	49
3.2 Δυναμικό από δασική βιομάζα	49
3.2.1 Τεχνικά αξιοποιήσιμο δυναμικό στο νομό Γρεβενών	49
3.2.1.1 Δημόσια Δάση	50
3.2.1.2 Μη Δημόσια Δάση	52
3.2.2 Βιομάζα από μονάδες επεξεργασίας δασικών προϊόντων	53
3.3 Περιοριστικοί Παράγοντες στην Αξιοποίηση της βιομάζας	53
3.3.1 Οικολογία	53
3.3.2 Ανταγωνιστικές χρήσεις του διαθέσιμου δυναμικού	54
3.3.3 Πλαίσιο λειτουργίας μονάδας αξιοποίησης βιομάζας	54
3.4 Ανθρώπινο Δυναμικό	55
3.5 Κόστος δασικής βιομάζας	55
3.5.1 Κόστος Υλοτομίας	56
3.5.2 Κόστος Μετατόπισης-Μεταφοράς	57
3.5.3 Κόστος Φόρτωσης	58

3.5.4 Κόστος Εκφόρτωσης-Ταξινόμησης-Στοιβαξής	58
3.5.5 Διαμορφωμένο κόστος δασικής βιομάζας	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ	
ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	60
4.1 Υπολογισμός θερμικού φορτίου πόλης Γρεβενών	60
4.1.1 Υπολογισμός θερμικών φορτίων πόλης Γρεβενών παρόντος έτους	60
4.1.2 Υπολογισμός θερμικών φορτίων για περίοδο 20 ετών	61
4.2 Υπολογισμός καμπυλών θερμικών φορτίων Γρεβενών	62
4.2.1 Θεωρητικά στοιχεία	62
4.2.2 Υπολογισμός μέσης ετήσιας θερμοκρασίας T_{mean} Γρεβενών	63
4.2.3 Υπολογισμός βαθμοημερών θέρμανσης της πόλης των Γρεβενών	64
4.2.4 Απαιτούμενη θερμική ενέργεια και προσφερόμενη θερμική ενέργεια από την τηλεθέρμανση	65
4.2.5 Απαιτούμενη Ενέργεια Γρεβενών ανά ημέρα	68
4.3 Σύγκριση θερμικού φορτίου με την ενεργειακή απόδοση της διαθέσιμης δασικής βιομάζας	69
4.3.1 Σενάριο κάλυψης συνολικών θερμικών αναγκών (Κάλυψη 100% θερμικών αναγκών υφιστάμενων κτιρίων και 100% θερμικών αναγκών νέων κτιρίων)	69
4.3.2 Σενάριο κάλυψης απαιτούμενης ενέργειας για τηλεθέρμανση (Κάλυψη 90% θερμικών αναγκών υφισταμένων κτιρίων και 100% θερμικών αναγκών νέων κτιρίων)	71
4.3.3 Σενάριο κάλυψης αναγκών τηλεθέρμανσης νέων κτιρίων	73
4.4 Περιγραφή των εγκαταστάσεων παραγωγής και διανομής	74
4.4.1 Στοιχεία μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας	75
4.4.1.1 Λέβητες	75
4.4.1.2 Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου	77
4.4.1.3 Θερμοδοχείο	78
4.4.1.4 Σύστημα συγκράτησης της ιπτάμενης τέφρας	78
4.4.2 Στοιχεία μονάδας μεταφοράς και διανομής θερμικής ενέργειας	79
4.5 Ενδεικτική κοστολόγηση εγκαταστάσεων	80
4.5.1 Κόστος μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας	80
4.5.2 Κόστος μονάδας μεταφοράς και διανομής θερμικής ενέργειας	80
4.5.3 Συνολικό Κόστος	81
4.6 Πρώτη εκτίμηση οικονομικότητας της επένδυσης	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	84
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	86
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	88

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ενεργειακό πρόβλημα είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα. Οι προβλέψεις διαφόρων διεθνών οργανισμών δείχνουν ότι αν οι σημερινές τάσεις αύξησης της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης παραμείνουν αμετάβλητες η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση θα αυξάνεται με ρυθμό περίπου 1,7 έως 2% το χρόνο στις επόμενες δεκαετίες. Ένα ενεργειακό μέλλον στηριζόμενο σε υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης και στην εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων φέρνει την ανθρωπότητα αντιμέτωπη με μια σειρά από προβλήματα και προκλήσεις συμπεριλαμβανομένων του φαινομένου του θερμοκηπίου, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, της μείωσης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων. Ένα βιώσιμο ενεργειακά μέλλον θα μπορούσε να επιτευχθεί στηριζόμενο σε μεγαλύτερο βαθμό στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και στην ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας.

Σημαντικό πλεονέκτημα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι η σημαντική συμβολή τους στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον Επιπροσθέτως, είναι ανεξάντλητες πρακτικά πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους πόρους. Σημαντική είναι η συνεισφορά τους στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος και στην ενίσχυση της τοπικής και εθνικής αυτάρκειας. Επιπλέον ένα πλεονέκτημα που παρουσιάζουν εξαιτίας του τοπικού τους χαρακτήρα είναι η δημιουργία θέσεων εργασίας και η οικονομική και κοινωνική αναζωογόνηση υποβαθμισμένων περιοχών.

Λόγω όλων αυτών των υψίστης σημασίας πλεονεκτημάτων το Νοέμβριο του 1997 υιοθετήθηκε η Λευκή Βίβλος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η οποία αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο σχέδιο δράσης. Το κεντρικό στοιχείο της στρατηγικής είναι ο διπλασιασμός του ποσοστού διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρώπη. Σύμφωνα με εκτιμήσεις της Λευκής Βίβλου, κυριότερη συμβολή στην αύξηση των ΑΠΕ μπορεί να προέλθει από τη βιομάζα τριπλασιάζοντας τα επίπεδα του 1995 της πηγής αυτής.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που για μεγάλο χρονικό διάστημα κάλυπταν σημαντικά ποσοστά των ενεργειακών αναγκών.

Η δασική βιομάζα κατείχε και κατέχει ακόμα ένα ρόλο πρωταρχικής σημασίας στη ζωή του ανθρώπου. Σίγουρα προβλέπεται και για το μέλλον σημαντική συμβολή της στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών εφόσον η αξιοποίηση της μπορεί να αποτελέσει πανάκεια σε μια σειρά οικονομικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η Ελλάδα φυσικά δε θα μπορούσε να αποτελέσει εξαίρεση στη συντονισμένη προσπάθεια αντιμετώπισης των ενεργειακών και περιβαλλοντικών ζητημάτων. Τα τελευταία χρόνια υιοθετείται μια στρατηγική φιλική προς το περιβάλλον με τη θέσπιση νόμων, την εφαρμογή κινήτρων για τη διείσδυση των ΑΠΕ στην αγορά ενέργειας και την αύξηση της εφαρμογής νέων τεχνολογιών.

Στα πλαίσια αυτών των επιδιώξεων έχει εισαχθεί και η εφαρμογή της τηλεθέρμανσης με ποικίλα οικονομικά, περιβαλλοντικά και ενεργειακά οφέλη. Μεγάλα έργα τηλεθέρμανσης έχουν εκπονηθεί στις πόλεις της Κοζάνης, του Αμυνταίου, της Πτολεμαΐδας και της Μεγαλόπολης.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της αξιοποίησης της δασικής βιομάζας του νομού των Γρεβενών για τη θέρμανση της πόλης. Η εργασία διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται κάποια βασικά στοιχεία για τη βιομάζα, παρουσιάζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της και τις τεχνολογίες αξιοποίησης της, απαριθμούνται οι τρόποι αξιοποίησης της και εκθέτονται αριθμητικά στοιχεία για τη χρήση της στην ηλεκτροπαραγωγή και την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Τέλος, γίνεται μια εκτενής αναφορά στη δασική βιομάζα αναλύοντας τους τύπους της δασικής βιομάζας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο μνημονεύονται τα κύρια στοιχεία του συστήματος τηλεθέρμανσης, αναφέρονται κάποια βασικά στοιχεία του σχεδιασμού του συστήματος τηλεθέρμανσης και αναπτύσσονται τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη αυτής. Τέλος, παρουσιάζονται εφαρμογές της τηλεθέρμανσης, τα κύρια κριτήρια για τη διείσδυση της τηλεθέρμανσης στην αγορά θερμότητας και επισυνάπτονται αριθμητικά στοιχεία για τα συστήματα τηλεθέρμανσης.

Το τρίτο κεφάλαιο έχει αφιερωθεί στους υπολογισμούς του δυναμικού της βιομάζας, δασικής και γεωργικής, στο νομό Γρεβενών. Επιπροσθέτως αναπτύσσονται οι περιοριστικοί παράγοντες στην αξιοποίηση της, παρατίθενται στοιχεία όσον αφορά στο ανθρώπινο δυναμικό που του έχει ανατεθεί η εργασία της υλοτομίας και συγκομιδής της δασικής βιομάζας και δίνονται πληροφορίες για το κόστος των συγκομιστικών εργασιών που διαμορφώνουν το κόστος της βιομάζας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο υπολογίζεται το θερμικό φορτίο της πόλης των Γρεβενών με προσεγγιστική μέθοδο, γίνεται εκτίμηση του φορτίου για τα επόμενα 20 χρόνια, υπολογίζεται η απαιτούμενη συνολικά ενέργεια και εκτιμάται η απαιτούμενη ενέργεια που θα καλύπτει το δίκτυο της τηλεθέρμανσης. Επίσης, συγκρίνεται η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση με το ενεργειακό περιεχόμενο των διαθέσιμων ποσοτήτων της δασικής βιομάζας λαμβάνοντας υπόψη το βαθμό απόδοσης του λέβητα βιομάζας. Τέλος, περιγράφονται οι εγκαταστάσεις του συστήματος τηλεθέρμανσης.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφιερώνεται στα συμπεράσματα της μελέτης και προτείνονται βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες λύσεις για την εφαρμογή της τηλεθέρμανσης στην πόλη των Γρεβενών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΟΜΑΖΑ

1.1 Πλαίσιο για τις ΑΠΕ

Ο δεσμευτικός στόχος για την Ελλάδα καθορίζεται ως: 18% συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην κάλυψη της εθνικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020, με έτος βάσης το 2005, στο οποίο η αντίστοιχη καταγεγραμμένη συμμετοχή των Α.Π.Ε. ανέρχεται σε 6,9% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα.

Ο ποσοτικός αυτός στόχος του 2020 δεν εξειδικεύεται ή κατανέμεται σε επιμέρους ποσοτικούς ενεργειακούς στόχους π.χ. για την ηλεκτρική ή τη θερμική ενέργεια από ΑΠΕ. Η σχετική κατανομή επαφίεται στο συγκεκριμένο Κράτος-Μέλος, το οποίο είναι υποχρεωμένο να την ποσοτικοποιήσει και να την τεκμηριώσει στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ (Άρθρο 4 του Σχεδίου Οδηγίας), το οποίο και θα υποβάλλει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το αργότερο μέχρι τις 31.03.2010.

Σε κάθε περίπτωση ο δεσμευτικός εθνικός στόχος του 18% για τις ΑΠΕ (2020) συνδυάζεται και λειτουργεί σε πλήρη συνέργεια με τρεις άλλους, επίσης δεσμευτικούς, στόχους που έχουν τεθεί στον ίδιο χρονικό ορίζοντα του 2020, σε Κοινοτικό-καταρχήν-επίπεδο:

- Την κατά 20% μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (30% μείωση, υπό προϋποθέσεις αντίστοιχης στόχευσης από άλλες, οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες, διεθνώς.)
- Την κατά 20% πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας, σε σχέση (over and above) με το σενάριο πλήρους εφαρμογής των ήδη θεσμοθετημένων Κοινοτικών και εθνικών πολιτικών, δράσεων και μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Την κατά 10 % συμμετοχή των βιοκαυσίμων, σε ενεργειακή βάση, στη συνολική κατανάλωση καυσίμων μεταφορών (ο στόχος αυτός εφαρμόζεται τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και για κάθε Κράτος-Μέλος χωριστά).

Η συνδυασμένη δράση και το ποσοτικό πλαίσιο αναφοράς που δημιουργούν συνεργιστικά οι ως άνω δεσμευτικοί στόχοι, σε εθνικό και Κοινοτικό επίπεδο, αποτελεί και τη βάση για τη διαμόρφωση σεναρίων πρόβλεψης των κύριων ενεργειακών μεγεθών του εθνικού ενεργειακού μας συστήματος το 2020. Τα σενάρια αυτά ενσωματώνουν, επιπρόσθετα, μια σειρά κρίσιμων υποθέσεων εργασίας που αφορούν, μεταξύ άλλων, την εξέλιξη της ενεργειακής ζήτησης στη χώρα, τη σχετική συνεισφορά των διαφόρων μορφών ΑΠΕ στην επίτευξη του συνολικού στόχου ΑΠΕ, την εξέλιξη του μέσου συντελεστή χρησιμοποίησης ισχύος ανά τεχνολογία ΑΠΕ (και ιδιαίτερα των αιολικών).

Παρά τις επιμέρους, ήσσονος μάλλον σημασίας, διαφορές τους, τα σενάρια πρόβλεψης των ενεργειακών μεγεθών του εθνικού ενεργειακού συστήματος που έχουν δει μέχρι σήμερα το φως της δημοσιότητας, παρουσιάζουν μια αξιοσημείωτη σύγκλιση αποτελεσμάτων, ειδικότερα όσον αφορά τα βασικά μεγέθη των ΑΠΕ, και πιο συγκεκριμένα την απαιτούμενη ισχύ εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, για την επίτευξη του στόχου του 18%. Σύμφωνα με τα σενάρια αυτά (ένα εκ των οποίων ενδεικτικά παρατίθεται στον Πίνακα 1.1), μόνο για την παραγωγή ηλεκτρισμού απαιτείται η εγκατάσταση 10.000-12.000 MW ΑΠΕ μέχρι το 2020,

χωρίς να συνυπολογίζονται σε αυτά τα μεγάλα υδροηλεκτρικά (ισχύος >15 MW). Από την τεράστια αυτή απαιτούμενη ισχύ ΑΠΕ, το μεγαλύτερο μέρος (περίπου 9.000-10.000 MW) αφορά αιολικά πάρκα, ενώ το υπόλοιπο αποτελείται κυρίως από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (800 MW) και δευτερευόντως από ηλεκτροπαραγωγικές εγκαταστάσεις μικρών υδροηλεκτρικών, βιομάζας και γεωθερμίας. Ως αναγκαίο μέτρο σύγκρισης, πρέπει να αναφερθεί ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα, μετά από 15 χρόνια εντατικών προσπαθειών (1994-2008) δεν ξεπερνά τα 950 MW, από τα οποία τα 850 MW περίπου αποτελούνται από αιολικά. (Πηγή: Βασιλάκος Ν. «Το νέο κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ και οι πιέσεις του στον ενεργειακό τομέα»)

Πίνακας 1.1 Ενδεικτικό σενάριο πρόβλεψης βασικών ενεργειακών μεγεθών ΑΠΕ του εθνικού ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας το 2020 με πλήρη ενσωμάτωση των δεσμευτικών στόχων σε Κοινοτικό και εθνικό επίπεδο (Πηγή: Δημ. Λάλας «Τι πάει να πει στα Ελληνικά: 20-20-20 by 2020;», Ημερίδα ΕΛΕΤΑΕΝ με θέμα «Αιολική Ενέργεια: Οικονομική Ανάπτυξη με Περιβαλλοντική Υπεροχή»)

	2005	2010	2015	2020
18% Τελικής Κατανάλωσης από ΑΠΕ (ktoe)	3427	4075	4471	4372
10% βιοκαύσιμα στις μεταφορές	641	718 (406)	799 (467)	858 (501)
Βιομάζα και βιομηχανικά απόβλητα (ktoe)	235	332	452	604
Βιομάζα-θερμικά	482	426	366	315
Βιομάζα-ηλεκτρ. (100 MW)				56
Ηλιακή και άλλες ΑΠΕ (ktoe)	108	133	154	179
Γεωθερμία (100 MW Ηλεκτρ.)				56
Φ/Β 750 MW από Ν.3468 και 250 MW (1600 kWh/KWstc)				130
Η/Υ (4100 MW 1,36 GWh/MW)	(371)			480
Υπόλοιπο (για αιολικά)				1694 ktoe (19,65 TWh) (9000 MW)

1.2 Γενικά για τη βιομάζα

Ορισμός της βιομάζας (ΦΕΚΑ'129/27.06.2006): Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων.

Η οργανική ύλη της γης, η βιομάζα, βρίσκεται στο λεπτό οριακό στρώμα του φλοιού της, τη βιόσφαιρα. Αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό κλάσμα της συνολικής μάζας της γης, αλλά σε ανθρώπινους όρους, αποτελεί μια τεράστια αποθήκη ενέργειας, η οποία ανανεώνεται συνεχώς. Πηγή αυτής της ενέργειας είναι ο ήλιος. Ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη γη δεσμεύεται από την οργανική ύλη, η ποσότητα αυτή ισοδυναμεί με το οκταπλάσιο της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. (Πηγή: Αρθούρος Ζερβός, Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας) Η εγκλωβισμένη βιοενέργεια ανακυκλώνεται με τη βοήθεια μιας σειράς χημικών και

φυσικών διεργασιών στα φυτά και την υπόλοιπη έμβια ύλη, μέχρι που τελικά ακτινοβολείται από τη γη ως θερμότητα σε χαμηλή θερμοκρασία. Εξαιρέση αποτελεί ένα μικρό κλάσμα, το οποίο παραμένει στο έδαφος και σταδιακά μετατρέπεται σε στέρεο καύσιμο.

Η παραπάνω κυκλική διαδικασία είναι μεγάλης σπουδαιότητας, επειδή υπάρχει η δυνατότητα δέσμευσης μέρους της βιομάζας στη φάση που ακόμα λειτουργεί ως αποθήκη χημικής ενέργειας.

Η βιομάζα σήμερα αποτελεί την πιο διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καλύπτοντας το 35% και 3% των αναγκών σε πρωτογενή ενέργεια των χωρών του αναπτυσσόμενου και του βιομηχανικού κόσμου αντίστοιχα. (Πηγή: Αρθούρος Ζερβός, Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας)

Πηγές της βιομάζας θεωρούνται τα υπολείμματα της δασικής ύλης που προκύπτουν από την υλοτόμηση και την επεξεργασία του ξύλου, τα υπολείμματα των αγροτικών καλλιεργειών και της αγροτικής βιομηχανίας, τα υπολείμματα της κτηνοτροφίας, τα αστικά απορρίμματα αλλά και οι ενεργειακές καλλιέργειες.

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας

1.3.1 Πλεονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα παρακάτω:

- Αποφυγή του « φαινομένου του θερμοκηπίου », το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δε συμβάλλει στην αύξηση των εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα λόγω του βιολογικού της κύκλου (οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της).
- Αποφυγή της ρύπανσης με διοξείδιο του θείου (SO_2), που παράγεται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων, βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου και αύξηση της ασφάλειας ανεφοδιασμού με μεγαλύτερη ευελιξία του ενεργειακού συστήματος εφόσον η βιομάζα αποτελεί μια εγχώρια πηγή ενέργειας.
- Εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Εξασφάλιση θέσεων εργασίας, δημιουργία εναλλακτικών αγορών και συγκράτηση του ορεινού και αγροτικού πληθυσμού στην περιφέρεια με άμεσο αποτέλεσμα τη συμβολή στην κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιφέρειας.

1.3.2 Μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση της βιομάζας είναι τα παρακάτω:

- Η βιομάζα είναι συνήθως διασπαρμένη σε μεγάλο εύρος και απομακρυσμένες περιοχές, απαιτώντας μεγάλο κόστος μεταφοράς της πρώτης ύλης, από τον τόπο παραγωγής στον τόπο διαχείρισης ή διάθεσης του τελικού προϊόντος.
- Υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, στη συγκομιδή, την επεξεργασία, και την αποθήκευση της βιομάζας ιδιαίτερα της δασικής.
- Η παραγωγή της είναι εποχιακή τόσο στη διάρκεια του έτους όσο και μεταξύ των ετών, καθώς η παραγωγή και η συγκομιδή επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες και αυξομειώνεται.
- Η βιομάζα στην ανεπτυγμένη της μορφή έχει μεγάλο όγκο και υψηλή υγρασία, πράγμα που δυσχεραίνει την ενεργειακή αξιοποίησή της.
- Οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι σχετικά δαπανηρές.
- Το κόστος προμήθειας της βιομάζας είναι υψηλό σε σχέση με το πετρέλαιο.

1.4 Δυναμικό της βιομάζας

Δεδομένης της ποικιλίας των βιοκαυσίμων και των τοπικών συνθηκών, είναι φανερό ότι κάθε απόπειρα αποτίμησης του δυναμικού σε παγκόσμια κλίμακα πρέπει να στηριχθεί σε λεπτομερείς τοπικές αναλύσεις της συνεισφοράς της κάθε περιοχής.

Ως **θεωρητικό δυναμικό** αναφέρεται το σύνολο των παραγομένων αγροτικών, δασικών και άλλης μορφής υπολειμμάτων που προκύπτουν σε μία περιοχή. Το δυναμικό αυτό αντιστοιχεί στο μέγιστο ποσό ενέργειας που μπορεί να παραληφθεί από την περιοχή αυτή, επιτυγχάνοντας την πλήρη αξιοποίηση του για παραγωγή ενέργειας.

Η χρήση της βιομάζας ως καύσιμο είναι η μία από τις ανταγωνιστικές χρήσεις της. Τα αποθέματα βιομάζας πρέπει να μοιραστούν ανάμεσα σε ανθρώπους και ζώα, που τρέφονται με τα φυτά, ενώ οι φυτικές ίνες χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, για την παραγωγή χαρτιού, υφάσματος, κλπ. Για τους λόγους αυτούς εισάγεται η έννοια του **διαθέσιμου δυναμικού** της βιομάζας, δηλαδή της αδιάθετης ποσότητας βιομάζας η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά. Σημαντικό περιοριστικό παράγοντα του θεωρητικού δυναμικού, αποτελεί η απόδοση της διαδικασίας περισυλλογής των υπολειμμάτων που θα καταλήξουν στη μονάδα παραγωγής ενέργειας.

Οι έννοιες του **τεχνολογικού και οικονομικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού** σχετίζονται άμεσα με την τεχνολογία που επιλέγεται για την παραγωγή ενέργειας από συγκεκριμένη πρώτη ύλη και τα οικονομικά χαρακτηριστικά της επένδυσης. Η εκτίμηση του **τεχνολογικού δυναμικού** προϋποθέτει τον καθορισμό συγκεκριμένης τεχνολογίας για την αξιοποίηση του διαθέσιμου δυναμικού. Η επιλογή αυτή εξαρτάται άμεσα από τη μορφή της διαθέσιμης πρώτης ύλης και την επιθυμητή μορφή της παραλαμβανόμενης ενέργειας. Σχετίζεται ακόμα με τις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής που είναι συγκεντρωμένο το διαθέσιμο δυναμικό. Τα ιδιαίτερα

χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας περιορίζουν ανάλογα την ποσότητα της ενέργειας που τελικά προσφέρεται προς κατανάλωση.

Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό ορίζεται η ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί με οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο. Για την εκτίμηση του συγκεκριμένου δυναμικού πρέπει να έχουν προηγηθεί οι εκτιμήσεις των ποσοτήτων που αναφέρθηκαν, με τη συγκεκριμένη σειρά. Τέλος απαιτητή προϋπόθεση είναι η επιλογή συγκεκριμένης θέσης για την κατασκευή της ενεργειακής μονάδας, δεδομένου ότι το κόστος μεταφοράς της βιομάζας στη συγκεκριμένη θέση είναι καθοριστική παράμετρος για τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

1.5 Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας

Τα βιοκαύσιμα για να συναγωνιστούν τα συμβατικά καύσιμα, πρέπει να ανταπεξέλθουν στη ζήτηση των κατάλληλων μορφών ενέργειας με ανταγωνιστικές τιμές. Σημαντικά κριτήρια είναι η διαθεσιμότητα και η δυνατότητα μεταφοράς της πρώτης ύλης. Τα κυριότερα καύσιμα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι πολύτιμα, εφόσον η ενέργειά τους μπορεί να αποθηκευτεί με μικρές απώλειες και είναι διαθέσιμη όταν απαιτείται.

Σχεδόν όλες οι μορφές της πρωτογενούς βιομάζας αποσυντίθενται αρκετά γρήγορα, επομένως λίγες μορφές λειτουργούν σαν μακροχρόνιες ενεργειακές αποθήκες. Λόγω της χαμηλής ενεργειακής πυκνότητας των υπολειμμάτων, η μεταφορά τους στοιχίζει ακριβότερα. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα έχει επικεντρωθεί στη βέλτιστη αξιοποίηση αυτών των εν δυνάμει πολύτιμων πηγών ενέργειας.

Οι διεργασίες μετατροπής της βιομάζας διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) και βιοχημικές (υγρές). Οι θερμοχημικές διεργασίες ακολουθούνται για τους τύπους βιομάζας, όπου η αναλογία C/N είναι μεγαλύτερη από 30 και η περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 50% κατά βάρος. Οι βιοχημικές διεργασίες αφορούν τους τύπους βιομάζας όπου η αναλογία C/N είναι μικρότερη από 30 και η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι μεγαλύτερη από 50%.

Οι βιοχημικές διεργασίες είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης και είναι η αερόβια ζύμωση, η αναερόβια ζύμωση και η αλκοολική ζύμωση.

1.5.1 Θερμοχημικές διεργασίες

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία για διαφορετικές συνθήκες οξειδωσης. Αυτές είναι η απευθείας καύση, η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η υδρογονοδιάσπαση.

1.5.1.1 Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι σύνθετη διεργασία από την οποία παράγονται στερεά - υγρά και αέρια καύσιμα. Απαιτεί δαπανηρές εγκαταστάσεις παραγωγής το κόστος των οποίων δεν προσφέρεται για την περίπτωση εγκατάστασης Τηλεθέρμανσης στην πόλη των Γρεβενών.

Η πυρόλυση είναι η θερμική αποικοδόμηση της βιομάζας στους 400-800°C απουσία οξειδωτικού μέσου, μέχρι να απομακρυνθεί το σύνολο των πτητικών ουσιών αφήνοντας ένα υπόλοιπο αποτελούμενο από άνθρακα και τέφρα.

Κατά την πυρόλυση παράγονται καύσιμο αέριο, πυρολυτικά υγρά και στερεό υπόλειμμα σε αναλογίες, οι οποίες εξαρτώνται από τη μέθοδο, τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής. Διακρίνεται σε βραδεία, συμβατική και σε αστραπιαία πυρόλυση.

Στην πρώτη μεγιστοποιούνται τα στερεά προϊόντα, ενώ τα υγρά και τα αέρια θεωρούνται υποπροϊόντα. Στη συμβατική πυρόλυση παράγεται περίπου ίση ποσότητα στερεών, υγρών και αερίων προϊόντων. Η αστραπιαία πυρόλυση έχει σχεδιασθεί να λειτουργεί μεγιστοποιώντας την αναλογία υγρού στο 75%. Το στερεό υπόλειμμα μπορεί να πουληθεί ή να χρησιμοποιηθεί εσωτερικά για την παροχή θερμότητας για τη διεργασία. Το καύσιμο αέριο έχει μεσαία θερμική αξία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εσωτερικά για παροχή θερμότητας για τη διεργασία ανακυκλοφορούμενο ή εξαγόμενο. Το πυρολυτικό υγρό είναι ένα ομογενές μίγμα από οργανικές ενώσεις και νερό. Πλεονέκτημα των υγρών προϊόντων είναι η ευκολία στην αποθήκευση και τη μεταφορά, γεγονός που ανεξαρτητοποιεί την παραγωγή απ' την κατανάλωση τους.

1.5.1.2 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση αποτελεί ενδιαφέρουσα τεχνολογία για την ευχέρεια καύσης του παραγόμενου αερίου καυσίμου σε διατάξεις συμπαραγωγής αεριοστροβίλου και ατμοστροβίλου κατά την οποία παράγεται ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Η αεριοποίηση βρίσκεται σήμερα σε επιδεικτικό κυρίως στάδιο και ως εκ τούτου δεν μπορεί να θεωρηθεί ώριμη τεχνολογία για να προταθεί στην περίπτωση της Τηλεθέρμανσης Γρεβενών, παρόλα τα αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει.

Η θερμοχημική αεριοποίηση είναι μια διεργασία μερικής οξειδωσης κατά την οποία μία στερεά, αέρια ή υγρή πρώτη ύλη αντιδρά με οξυγόνο ή και ατμό και μετατρέπεται σε αέριο καύσιμο, αποτελούμενο κυρίως από υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της αεριοποίησης χρονολογείται στο τέλος του 18^{ου} αιώνα. Πολλά οχήματα εφοδιασμένα με αεριοποιητές ξύλου εμφανίστηκαν κατά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Η αναγέννηση του ενδιαφέροντος στην αεριοποίηση της βιομάζας οφείλεται σε διάφορους λόγους. Καταρχήν, το καύσιμο που προκύπτει είναι πολύ καθαρότερο από την αρχική βιομάζα, καθώς ανεπιθύμητοι χημικοί ρύποι απομακρύνονται κατά τη διεργασία μαζί με την αδρανή μάζα, ως ιπτάμενη τέφρα κατά την καύση του καυσίμου. Επιπλέον, το αέριο σαν καύσιμο έχει περισσότερες εφαρμογές. Η άμεση καύση είναι μία πτυχή αλλά το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή σε αεριοστροβίλους. Επιπροσθέτως υπάρχει η δυνατότητα συμπαραγωγής υδρογόνου ή άλλων χημικών και της συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Η αεριοποίηση του άνθρακα είναι τώρα καθιερωμένη και η αεριοποίηση βιομάζας έχει επωφεληθεί από τη δραστηριότητα σ' αυτόν τον τομέα και αναπτύσσεται ταχύτατα. Παρόλα αυτά οι δύο τεχνολογίες δεν είναι άμεσα συγκρίσιμες εξαιτίας διαφορών στη σύνθεση τέφρας, στην περιεκτικότητα υγρασίας, στην πυκνότητα.

Οι αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης είναι διαθέσιμοι από πολυάριθμους κατασκευαστές σε εύρος θερμικής ισχύος που κυμαίνεται από 2,5-150 MW_{th} για λειτουργία σε ατμοσφαιρική ή σε υψηλότερες πιέσεις. (Πηγή: Bridgwater A.V., Toft A.J., Brammer J.G., A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion)

1.5.1.3 Καύση

Η απευθείας καύση είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια, θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια, και παγκοσμίως παρέχει το 90% της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα. Συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες θερμοχημικές

διεργασίες (αεριοποίηση, πυρόλυση), είναι πιο απλή και περισσότερο αναπτυγμένη. Υπάρχει ποικιλία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, είναι διαδεδομένη στην Ελλάδα όπου παράγεται αντίστοιχος εξοπλισμός, απαιτεί απλούστερη λειτουργία και συντήρηση και είναι συμβατή με τη φυσιογνωμία της περιοχής.

Από τα παραπάνω προκύπτει συμπερασματικά ότι η πλέον κατάλληλη μέθοδος ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας στην περίπτωση της Τηλεθέρμανσης της πόλης των Γρεβενών είναι η καύση.

Η τεχνολογία της καύσης έχει αναπτυχθεί σημαντικά με εμφάνιση νέων συστημάτων αυτόματης τροφοδοσίας βιομάζας. Η καύση πραγματοποιείται σε εστίες με σταθερές ή κινούμενες εσχάρες είτε σε λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η ταυτόχρονη καύση μικρών ποσοτήτων βιομάζας και άνθρακα. Παρόλο που οι εστίες με σταθερές ή κινούμενες εσχάρες είναι το πρότυπο για παλαιού τύπου σταθμούς παραγωγής ενέργειας με βιομάζα, οι λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης προτιμώνται για καύση βιομάζας εξαιτίας των χαμηλών εκπομπών NO_x .

Οι λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης είναι εμπορικά διαθέσιμοι τα τελευταία 20 χρόνια σε αποδόσεις που κυμαίνονται από 15 to 715 MW_{th} . Περίπου 110 λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης λειτουργούν ή πρόκειται να τεθούν σε λειτουργία στις Η.Π.Α., όλοι με εγγυήσεις απόδοσης από τον πωλητή. (Πηγή: Bridgwater A.V., Toft A.J., Brammer J.G., A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion)

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση, συμπεριλαμβανομένων του ατμοστροβίλου, των μηχανών Stirling, έμμεσης καύσης αεριοστροβίλου και άμεσης καύσης αεριοστροβίλου. Αυτές οι τεχνολογίες εκτιμήθηκαν σε πρόσφατη ΙΕΑ αξιολόγηση καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή ενέργειας με ατμοστροβίλο είναι η πιο καθιερωμένη τεχνολογία. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες είχαν πλεονεκτήματα αποδοτικότητας αλλά δεν ήταν εμπορικά διαθέσιμες και χρησιμοποιούνταν σε χαμηλής κλίμακας εφαρμογές. Ο βασικός κύκλος Rankine περιορίζεται από θερμοδυναμικούς περιορισμούς και περιορισμούς στα υλικά σε βαθμούς απόδοσης της τάξης του 35%. (Πηγή: Bridgwater A.V., Toft A.J., Brammer J.G., A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion) Τέτοιοι κύκλοι βελτιστοποιούνται με υψηλή πίεση, υψηλά υπέρθερμο ατμό σε συνδυασμό με ατμοποίηση, αναθέρμανση και αναγέννηση. Η επιπλέον πολυπλοκότητα και οι ανάγκες υλικών που έχουν επιβληθεί από τον ατμό υψηλής πίεσης αυξάνουν τα κόστη κεφαλαίου σημαντικά σε μικρή κλίμακα, με μικρή αύξηση στην αποδοτικότητα του συστήματος. Ως αποτέλεσμα οι περισσότεροι κύκλοι ατμού σε μικρή κλίμακα είναι σχετικά απλοί και χαμηλότερου βαθμού απόδοσης.

Για τον σχεδιασμό της εστίας καύσης ή του λέβητα όπου θα γίνεται καλύτερη αξιοποίηση της ενέργειας, αναλύεται η ακολουθία των διεργασιών, που συντελούνται κατά την καύση των στερεών καυσίμων. Στο πρώτο βήμα αυτής της αλληλουχίας καταναλώνεται ενέργεια : πρόκειται για την εξάτμιση του περιεχομένου νερού στο καύσιμο, δηλαδή την ξήρανση. Χρησιμοποιώντας όμως ξύλο, το οποίο έχει ξηραθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, στο βήμα αυτό καταναλώνεται ένα μικρό ποσοστό της συνολικής ενέργειας.

Η διεργασία της καύσης πραγματοποιείται σε στάδια. Αμέσως μετά την είσοδο του καυσίμου στο θάλαμο καύσης θερμαίνεται γρήγορα λόγω ακτινοβολίας των τοιχωμάτων και λόγω συναγωγής από τα θερμά αέρια που υπάρχουν στο θάλαμο. Η υγρασία του καυσίμου απομακρύνεται, όπως απομακρύνονται και τα πτητικά συστατικά του. Τότε τα πτητικά αναφλέγονται και παραμένει ο καθαρός C που

καίγεται. Η διάρκεια του κάθε βήματος, όπως επίσης και ο συνολικά απαιτούμενος χρόνος εξαρτάται από τη φύση του καυσίμου και το μέγεθος των σωματιδίων του.

Είναι χαρακτηριστικό των βιοκαυσίμων ότι τα τρία τέταρτα ή και περισσότερο της ενέργειας τους περιέχεται στην πτητική ύλη (εν αντιθέσει, το ποσοστό στον άνθρακα είναι λιγότερο απ' το μισό). Επομένως είναι υψίστης σημασίας ο σχεδιασμός οποιουδήποτε καυστήρα ή λέβητα να εξασφαλίζει την καύση των πτητικών ουσιών ώστε να μη διαφεύγουν από την καμινάδα άκαυστα. Για την πλήρη καύση, ο αέρας πρέπει να έρχεται σε επαφή με όλη τη μάζα του καυσίμου, γεγονός που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας καύσιμο τεμαχισμένο σε μικρά κομμάτια. Σε αυτήν την περίπτωση η τέφρα περιέχει λεπτόκοκκα σωματίδια, τα οποία παρασύρονται από τα καυσαέρια. Η ροή του αέρα πρέπει να είναι ελεγχόμενη. Μικρή ποσότητα οξυγόνου οδηγεί σε ατελή καύση και παραγωγή CO ενώ μεγάλη περίσσεια αέρα είναι ενεργοβόρα, δεδομένου ότι μεταφέρει τη θερμότητα στο ρεύμα καυσαερίων.

Το μέγεθος των τεμαχιδίων επηρεάζει άμεσα το χρόνο παραμονής τους στο θάλαμο καύσης. Για ορισμένα καύσιμα όπως ο άνθρακας, υπάρχει η δυνατότητα εκτίμησης του εύρους που κυμαίνονται τα σωματίδια, αλλά για τα αστικά απορρίμματα και τα μη κατεργάσιμα προϊόντα δασικής βιομάζας είναι πολύ δύσκολη η εκτίμηση. Στην περίπτωση αυτή για να επιτευχθεί πλήρης καύση του οργανικού υλικού, απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι παραμονής. Η ποσότητα του αέρα που καταναλώνεται κατά τη διεργασία ποικίλλει ανάλογα με το ρυθμό τροφοδοσίας του καυσίμου αλλά και τη σύστασή του. Ο άνθρακας απαιτεί περίσσεια αέρα που δεν ξεπερνά το 25%, ενώ για την καύση αστικών απορριμμάτων η περίσσεια μπορεί να φτάσει το 200%. (Πηγή: Αρθούρος Ζερβός, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) Η υπερβολικά μεγάλη ποσότητα αέρα στο θάλαμο καύσης έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του βαθμού απόδοσης της διεργασίας, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθούν και φαινόμενα αναστολής της καύσης, λόγω χαμηλότερης θερμοκρασίας από την απαιτούμενη στο θάλαμο καύσης.

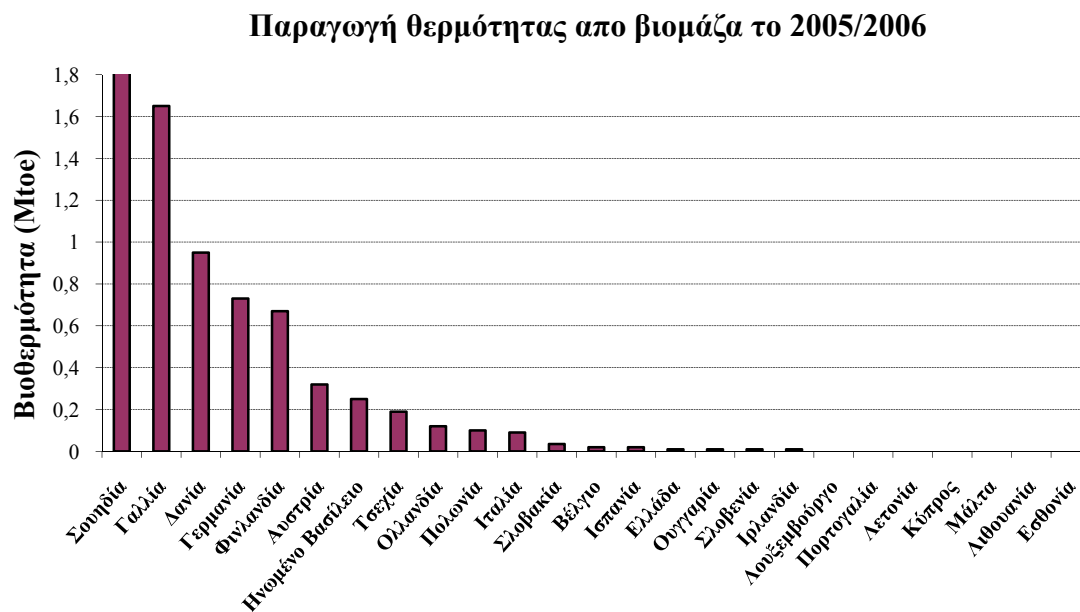
1.6 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας

Η βιομάζα αξιοποιείται στην παραγωγή ενέργειας και θερμότητας.

1.6.1 Θερμική ενέργεια από βιομάζα στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η θερμότητα από βιομάζα στη Ευρώπη των 25 ήταν 7,7 Mtoe το 2005/2006. (Πηγή: EurObserv'Er, Interactive GIS Barometer, July 2007) Το Διάγραμμα 1.1 που ακολουθεί, συνδυάζοντας στοιχεία του 2005 και 2006 δείχνει ότι η Σουηδία ηγούταν της παραγωγής θερμότητας από βιομάζα με 2,5 Mtoe και τη στερεά βιομάζα να αποτελεί την κύρια πηγή της παραγωγής θερμικής ενέργειας από βιομάζα. Το Διάγραμμα 1.1 παρουσιάζει την παραγωγή θερμότητας από βιομάζα στην Ευρώπη των 25. Στο διάγραμμα η βιομάζα αποτελείται από στερεά βιομάζα και αστικά απόβλητα (στοιχεία 2005) και βιοαέριο (στοιχεία 2006).

Διάγραμμα 1.1 Διάγραμμα θερμότητας από βιομάζα στην Ευρώπη των 25 (Πηγή: EurObserv'Er, Interactive GIS Barometer, July 2007)



1.6.2 Ηλεκτρική Ενέργεια από βιομάζα στην Ευρωπαϊκή Ένωση

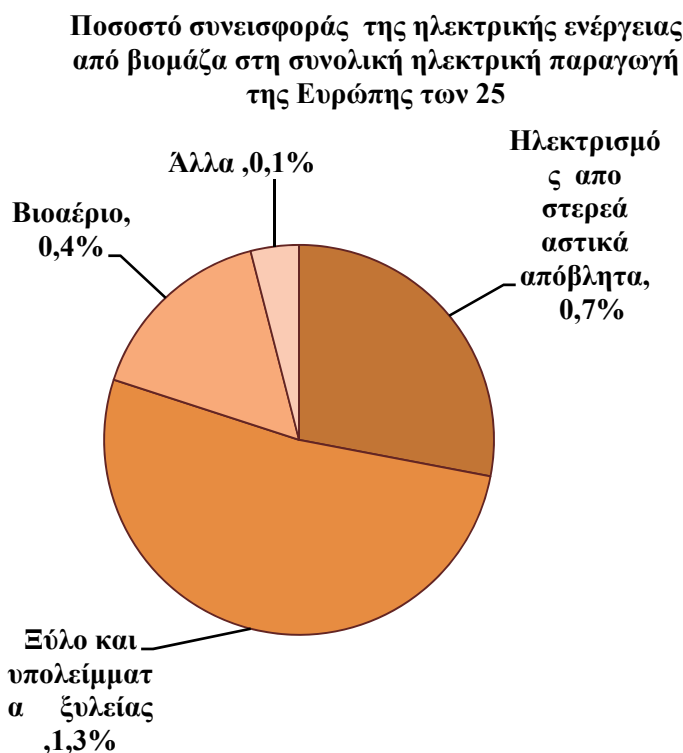
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στην Ευρώπη των 25 άγγιξε τις 80,2 TWh με συνολική ηλεκτρική παραγωγή 3310,4 TWh. Αυξήθηκε σταθερά από το 1990 ως το 2005 με ένα μέσο ρυθμό της τάξης του 11% (μέσος όρος ετήσιας ποσοστιαίας αύξησης). Ο ρυθμός ανάπτυξης το 2004 ήταν 19% και το 2005 17% ενώ το 1991 5%. Το Διάγραμμα 1.2 παρουσιάζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας βιομάζα στην Ευρώπη των 25.

Διάγραμμα 1.2 Διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στην Ευρώπη των 25 στα έτη 1990-2005 (Πηγή: Eurostat 2006-2007)



Το ποσοστό συνεισφοράς της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης των 25 είναι 2,4%. Το διάγραμμα 1.3 δείχνει τη συνεισφορά των ειδών της βιομάζας σε αυτό το ποσοστό.

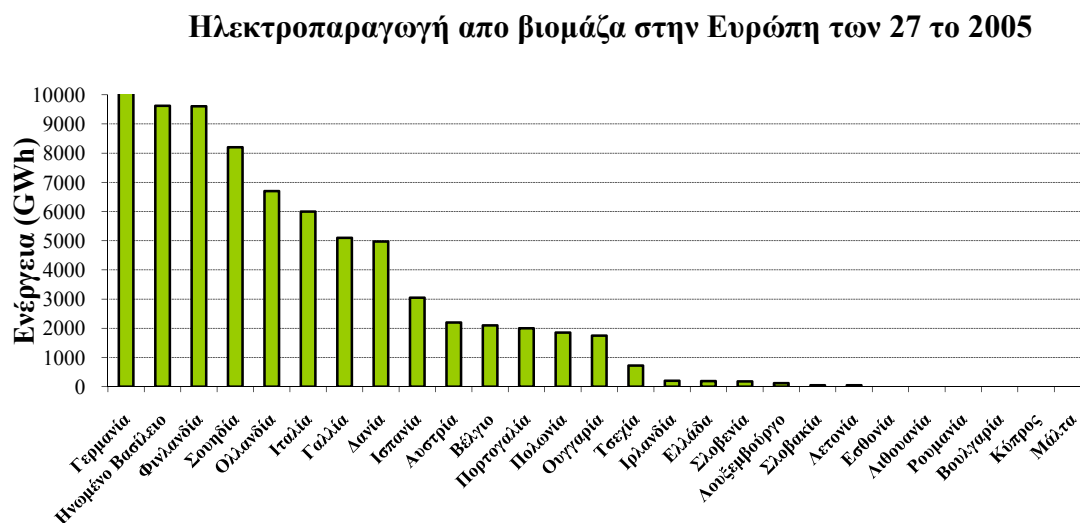
Διάγραμμα 1.3 Διάγραμμα ποσοστού συνεισφοράς διαφόρων ειδών βιομάζας στην ηλεκτροπαραγωγή



Το 2005 οι συνεισφέρουσες χώρες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα ήταν η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Φινλανδία. Η Γερμανία ήταν εμφανώς η χώρα που ηγούταν της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας τη βιομάζα, με παραγωγή 16,6 TWh και με τα αστικά στερεά απόβλητα να συνεισφέρουν σε ποσοστό 40% της παραγόμενης ηλεκτρικής βιοενέργειας. Στο Ηνωμένο Βασίλειο το μεγαλύτερο ποσοστό της βιοενέργειας (49%) προερχόταν από βιοαέριο ενώ στη Φινλανδία το 96% της ηλεκτρικής βιοενέργειας προερχόταν από δασική βιομάζα.

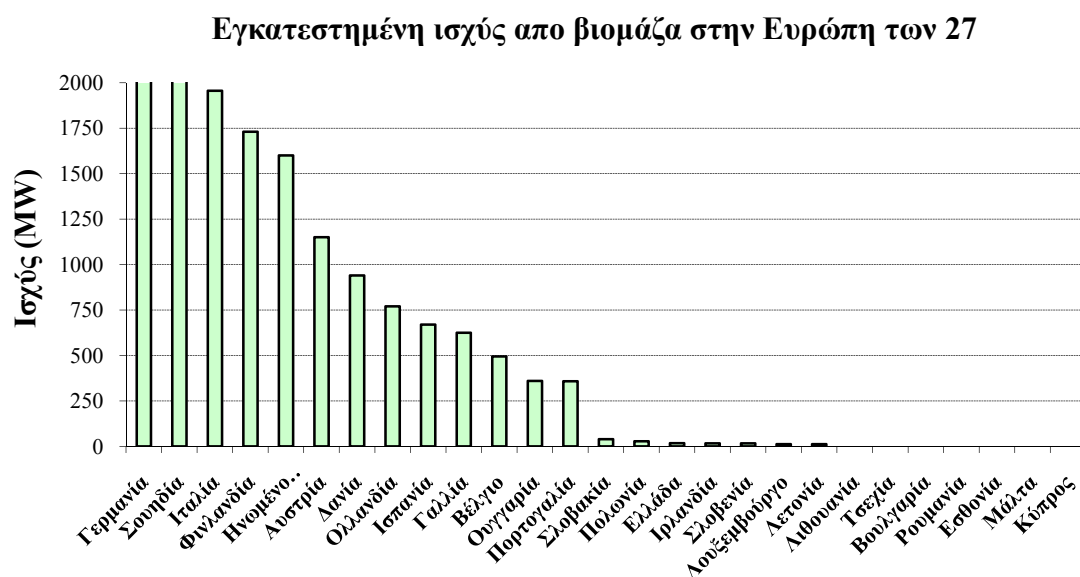
Το Διάγραμμα 1.4 δείχνει την παράγωγη ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας βιομάζα στις διάφορες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Διάγραμμα 1.4 Διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής βιοενέργειας στην Ευρώπη το 2005 (Πηγή: Eurostat 2007)



Η ολική εγκατεστημένη ισχύς από βιομάζα ήταν 17 GW το 2005 στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27. Η Γερμανία συνεισέφερε σε αυτή περισσότερο με ηλεκτρική ισχύ 3,3 GW. Η Σουηδία είχε τη δεύτερη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ (2,9 GW) ενώ η Ιταλία ήταν δεύτερη με ισχύ 2,0 GW. Το Διάγραμμα 1.5 δείχνει την εγκατεστημένη ισχύ στην Ευρώπη των 25. Δεν υπήρχαν στοιχεία για την Τσεχία, τη Βουλγαρία, την Κύπρο, την Εσθονία και τη Μάλτα και έτσι απεικονίζονται με μηδενική ισχύ.

Διάγραμμα 1.5 Διάγραμμα εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στην Ευρώπη των 27 το 2005 (Πηγή :Eurostat 2007)



1.6.3 Εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας

Οι κυριότερες εφαρμογές παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι οι εξής:

- **Θέρμανση θερμοκηπίων:** Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.
- **Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες:** Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.
- **Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες:** Βιομάζα για παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίουν τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.
- **Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου:** Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- **Τηλεθέρμανση:** είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια.
- **Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ):** Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες της διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (πχ θέρμανση κτιρίων).

1.7 Δασική βιομάζα

1.7.1 Γενικά για τη δασική βιομάζα

Το ξύλο ως καύσιμο έχει ποικίλα περιβαλλοντικά οφέλη έναντι των συμβατικών καυσίμων. Το κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν και το γεγονός ότι το ποσοστό του

διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται κατά τη διεργασία της καύσης του είναι περίπου 90% λιγότερο από το αντίστοιχο που εκλύεται κατά την καύση των συμβατικών καυσίμων.

Το κυρίαρχο οικονομικό πλεονέκτημα της δασικής βιομάζας είναι ότι το ξύλο είναι συνήθως σημαντικά πιο οικονομικό από τα ανταγωνιστικά συμβατικά καύσιμα. Δημόσιοι οργανισμοί, όπως σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές και δημοτικής ιδιοκτησίας σχέδια τηλεθέρμανσης, είναι κύριοι στόχοι για τη χρήση της ενέργειας από τη δασική βιομάζα.

Πριν την κατασκευή ή τον επανασχεδιασμό μιας εγκατάστασης που χρησιμοποιεί τη δασική βιομάζα για παραγωγή ενέργειας, οι μελλοντικοί χρήστες πρέπει να εκτιμήσουν την τοπική αγορά διαθέσιμης βιομάζας. Τα κόστη μεταφοράς της μπορεί να περιορίσουν τα πλεονεκτήματα της καύσης ξύλου. Η μελέτη ανάλυσης του κύκλου ζωής των ενεργειακών αυτών συστημάτων κρίνεται επίσης απαραίτητη. Τα αρχικά κόστη ενός ενεργειακού συστήματος δασικής βιομάζας είναι γενικά κατά 50% υψηλότερα από αυτά των συμβατικών καυσίμων εξαιτίας της διαχείρισης του καυσίμου και των απαιτήσεων συστημάτων αποθήκευσης.

1.7.2 Εργασίες υλοτομικές και συγκομιστικές

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

1.7.3 Τύποι δασικής βιομάζας

Το καύσιμο που έχει ως βάση το ξύλο διατίθεται σε τρεις κύριες μορφές:

- Τεμάχια συμπαγούς ξύλου (logwood)
- Θρύμματα ξύλου (woodchips)
- Συσσωματώματα πριονιδιού (wood pellets)

Επίσης διατίθεται σε μικρότερες ποσότητες ως ανακτηθέν ξύλο (recovered wood) και τύρφη (peat) (στη Σουηδία, τη Φινλανδία, την Ιρλανδία και τη Σκωτία).

Η εικόνα 1.1 απεικονίζει την τύρφη.

Εικόνα 1.1 Τύρφη



1.7.3.1 Τεμάχια συμπαγούς ξύλου

Τα τεμάχια συμπαγούς ξύλου είναι τα τεμάχια ξύλου ενός μήκους που ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του λέβητα. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι είναι υλικό διαθέσιμο παντού. Μερικά από τα μειονεκτήματα που έχει το ξύλο είναι ότι η αυτοματοποίηση του καθίσταται δύσκολη ενώ ο βαθμός απόδοσης της καύσης του δε ξεπερνά το 75%.

1.7.3.2 Θρύμματα ξύλου

Ο όρος θρύμματα ξύλου (woodchips) αναφέρεται στα μηχανικώς επεξεργασμένα κομμάτια ξύλου, των οποίων το μέγεθος ποικίλει από 1 έως 100 mm.

Τα θρύμματα ξύλου προκύπτουν από το τρόχισμα των αποληφθέντων δασικών προϊόντων, των βιομηχανικών υπο-προϊόντων, των καυσόξυλων και του ξύλου που ανακτάται από τα ξύλινα προϊόντα των οποίων η διάρκεια ζωής έχει λήξει (οικοδομικά υλικά, έπιπλα, συσκευασίες, κλπ).

Το ξύλο που προκύπτει από την ενεργειακή καλλιέργεια των δέντρων και των θάμνων παρέχεται επίσης με τη μορφή θρυμμάτων ξύλου.

Η τιμή τους εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από την περιεκτικότητα τους σε νερό. Μια υψηλή περιεκτικότητα σε νερό μειώνει το ενεργειακό περιεχόμενο και αυξάνει την πυκνότητα, επομένως αυξάνοντας τη μάζα ανά ενέργεια μονάδων και μειώνοντας την ενέργεια ανά μάζα μονάδων, με συνέπεια τη μειωμένη αξία. Η υγρασία είναι επομένως εξίσου σημαντική με το μέγεθος των θρυμμάτων ξύλου στον καθορισμό της τιμής τους.

Η τιμή τους επίσης σημαντικά επηρεάζεται από την προέλευση του ξύλου. Παραδείγματος χάριν, η μέση τιμή των καυσίμων θρυμμάτων ξύλου στην ΕΕ ποικίλλει μεταξύ 5,26 €/GJ για το καυσόξυλο και 0,97 €/GJ για το ανακτηθέν ξύλο.

Η τιμή του ξύλου εξαρτάται πάρα πολύ από την υγρασία. Παραδείγματος χάριν, για μια μέση τιμή 5,26 €/GJ μπορεί να υπάρξει μια μεταβολή από 55 €/τόνο για μια υγρασία 60% έως 80 €/τόνο όπου υπάρχει υγρασία 80%.

Τα κύρια κριτήρια για την αξιολόγηση της ποιότητας, και επομένως της τιμής τους είναι:

- **Το μέγεθος των θρυμμάτων ξύλου:** Τα μικρότερα είναι κατάλληλα για τις μικρότερης κλίμακας εγκαταστάσεις, και τα μεγαλύτερα, που είναι φτηνότερα είναι κατάλληλα για μεγαλύτερες εφαρμογές.
- **Η περιεκτικότητα τους σε νερό:** αυτή καθορίζει το ενεργειακό περιεχόμενο των καυσίμων και της καταλληλότητάς του για την αποθήκευση. Η υψηλή υγρασία καθιστά δύσκολη την αποθήκευσή τους χωρίς να αλλοιωθούν.

Η Εικόνα 1.2 απεικονίζει τα θρύμματα ξύλου (woodchips)

Εικόνα 1.2 Θρύμματα ξύλου



Μερικά από τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι είναι καύσιμο διαθέσιμο σε προσιτή τιμή, η αυτοματοποίηση της καύσης του δύναται να είναι μερική ή ολική και ο βαθμός απόδοσης της καύσης τους μπορεί να φτάσει το 90%.

1.7.3.3 Συσσωματώματα πριονιδίου

Τα συσσωματώματα πριονιδίου (wood pellets) είναι σφαιρίδια ή μικροί κύλινδροι και κατασκευάζονται από τη συμπίεση πριονιδίου. Συνήθως έχουν τη διάμετρο των θρυμμάτων ξύλου η οποία είναι μεταξύ 4-10 mm.

Η εικόνα 1.3 απεικονίζει τα συσσωματώματα πριονιδίου.

Εικόνα 1.3 Συσσωματώματα πριονιδίου



Τα βασικά πλεονεκτήματα των συσσωματωμάτων πριονιδίου είναι:

- Το ομοιόμορφο μέγεθος τους
- Η χαμηλή περιεκτικότητα τους σε υγρασία

Το κόστος τους εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή όπου πωλείται, την εποχή, και το βαθμό ανάπτυξης της υποδομής ανεφοδιασμού. Το κόστος τους εξαρτάται από την τιμή των υλικών, την τεχνολογία κατασκευής, τη χωρητικότητα της εγκατάστασης κλπ. (π.χ. η τιμή μπορεί να κυμαίνεται από 60 €/τόνο στη Λετονία μέχρι 190 €/τόνο στη Γαλλία. Μια μέση τιμή είναι 150 €/τόνο, χωρίς Φ.Π.Α.).

Όπου δεν υπάρχει καμία υποδομή, οι δαπάνες παράδοσης καθιστούν τα καύσιμα πιο ακριβά. Όπου υπάρχει δίκτυο ανεφοδιασμού ή τοπικός κατασκευαστής ξύλινων σβόλων, οι δαπάνες θα είναι σημαντικά χαμηλότερες.

Συνολικά, ο μακροπρόθεσμος αντίκτυπος στο κόστος από τη χρησιμοποίηση των καυσίμων συσσωματωμάτων πριονιδίου είναι πιθανό να είναι μια σημαντική μείωση των ενεργειακών δαπανών στο χρήστη.

Επειδή η ενεργειακή πυκνότητα των καυσίμων συσσωματωμάτων πριονιδίου είναι χαμηλότερη από αυτή του πετρελαίου ή του αερίου (αν και υψηλότερη από αυτή των θρυμμάτων ξύλου), ο χώρος αποθήκευσης που απαιτείται θα είναι μεγαλύτερος για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα μεταξύ των ενδιάμεσων γεμισμάτων.

Το βέλτιστο μέγεθος του θαλάμου καύσης είναι επίσης μεγαλύτερο για τα συσσωματώματα πριονιδίου απ' ό,τι για το πετρέλαιο ή το αέριο (αλλά μικρότερο απ'

ότι για τα θρύμματα ξύλου ή των τεμαχίων συμπαγούς ξύλου), έτσι οι λέβητες τείνουν να είναι μεγαλύτεροι .

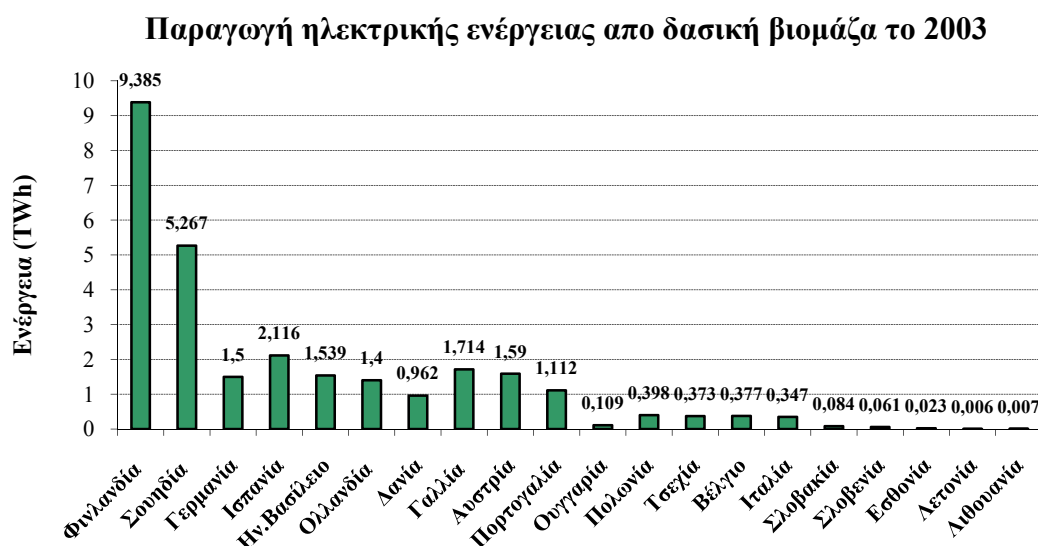
Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στην επιλογή των συσσωματωμάτων πριονιδίου ως καύσιμα. Μερικά από αυτά είναι:

- Μερικές χώρες έχουν απαλλάξει τους λέβητες καύσης τους από τις απαιτήσεις εξέτασης εκπομπής καπνού.
- Η διεργασία καύσης παράγει λίγο καπνό και τέφρα. Ένα τυπικό πρόγραμμα συντήρησης και αφαίρεσης τέφρας (συσσωματωμάτων πριονιδίου) είναι παρόμοιο με αυτό για έναν λέβητα πετρελαίου.
- Η χρησιμοποίηση αυτών των καυσίμων μειώνει την ανάγκη για ορυκτά καύσιμα και τις εκπομπές CO₂.
- Ο εξοπλισμός υψηλής αποδοτικότητας που χρησιμοποιείται συνήθως για την καύση τους καθιστά το βαθμό απόδοσης της καύσης τους πολύ υψηλό (μέχρι πάνω από 90%) και τα επίπεδα εκπομπών πολύ χαμηλά.

1.7.4 Δασική βιομάζα στην ηλεκτροπαραγωγή

Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από δασική βιομάζα το 2003 στην Ευρώπη των 25 είναι 28,370 TWh. Το Διάγραμμα 1.6 που ακολουθεί δείχνει την ηλεκτροπαραγωγή από δασική βιομάζα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τις χώρες που δεν αναφέρονται στο διάγραμμα δεν υπάρχουν στοιχεία.

Διάγραμμα 1.6 Διάγραμμα ηλεκτροπαραγωγής από δασική βιομάζα στην Ευρώπη των 25 από δασική βιομάζα (Πηγή: EurObserver 2005)



1.7.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις δασικής βιομάζας

1.7.5.1 Χημική σύσταση του ξύλου

Πριν από οποιαδήποτε ανάλυση των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα, είναι σκόπιμη η μελέτη της σύστασης της δασικής βιομάζας για τον προσδιορισμό των χημικών στοιχείων που δημιουργούν πρόβλημα κατά την καύση τους και κατά συνέπεια κατά την έκλυσή τους στο περιβάλλον.

Το ξύλο ως οργανικό υλικό αποτελείται κυρίως από άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο. Η ανάλυση κατά στοιχείο ξηρής μάζας δείχνει ότι το ξύλο αποτελείται περίπου κατά 50% C, 6% H, 44% O και 0,5% N (Πηγές: Τσουμής 1983, Φιλίππου 1986).

Επίσης στο ξύλο υπάρχουν και διάφορες ανόργανες ενώσεις, όπως άλατα και οξείδια των K, Na, Ca, Mg, Fe, S, P, Al, Si, Ni, Ba, Pd και άλλων. Τα μεταλλικά αυτά στοιχεία παραμένουν μετά την πλήρη καύση του ξύλου και αποτελούν την τέφρα. Η τέφρα των δέντρων της εύκρατης ζώνης αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 0,2-1% της ξηρής μάζας του ξύλου. Το μεγαλύτερο δηλαδή ποσοστό της μάζας του ξύλου καίγεται πλήρως. Ο Πίνακας 1.2 που ακολουθεί συγκρίνει την περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία του άνθρακα και του ξύλου.

Πίνακας 1.2 Μέσο περιεχόμενο σε μεταλλικά στοιχεία του άνθρακα και του ξύλου σε mg/MJ (Πηγή :Swedish EPA, Nilson and Timm 1983)

Μεταλλικά στοιχεία	Άνθρακας	Ξύλο
Αρσενικό (Ar)	150	5
Κάδμιο (Cd)	10	10
Κοβάλτιο (Co)	150	10
Χρώμιο (Cr)	400	50
Χαλκός (Cu)	500	100
Υδράργυρος (Hb)	4	1
Μαγγάνιο (Mn)	2000	5000
Νικέλιο (Ni)	400	50
Μόλυβδος (Pd)	500	200
Βανάδιο (Vn)	900	100
Ψευδάργυρος (Zi)	1000	1200

Συγκεντρωτικά η σύνθεση των στοιχείων του ξύλου δίνεται στον Πίνακα 1.3 :

Πίνακας 1.3 Τυπική σύνθεση ξύλου

Στοιχείο	Περιεκτικότητα (%)
Άνθρακας	49
Οξυγόνο	43
Υδρογόνο	6
Θείο	0,05
Άζωτο	1
K, Na, Ca, Mg, κλπ	0,95

Η διακύμανση της περιεκτικότητας των χημικών στοιχείων του ξύλου όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.4, είναι ελάχιστη μεταξύ των δασοπονικών ειδών.

Πίνακας 1.4 Σύσταση διαφόρων ειδών ξύλου (%) (Πηγή: Φιλίππου 1986)

Δασοπονικό είδος	C	H	O	N	K, Na, Ca, κλπ)
Λάρικα	49,6	5,8	44,2	0,2	0,2
Πεύκη	50,2	6,1	43,4	0,2	0,2
Ερυθρελάτη	50	6	43,5	0,2	0,3
Δρυς	49,2	5,8	44,2	0,4	0,4
Οξυά	48,9	5,9	44,5	0,2	0,5
Σημύδα	48,6	6,4	44,7	0,3	
Λεύκη	49,7	6,3	44		

Μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του δέντρου, δεν υπάρχουν αξιόλογες διαφορές στη σύσταση του ξύλου όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.5. Γενικά τα φύλλα και ο φλοιός έχουν περισσότερα ανόργανα συστατικά και άζωτο από το ξύλο.

Πίνακας 1.5 : Σύσταση διαφόρων τμημάτων δέντρου (%) (Πηγή: Φιλίππου 1986)

Μέρος δέντρου		C	H	O+N	K, Na, Ca, Mg
Φύλλα	φύλλα	45,01	6,97	40,91	7,11
Κλάδοι	ξύλο	48,75	6,56	44,42	0,36
	φλοιός	49,4	6,41	40,82	3,39
Κορμός	ξύλο	48,92	6,46	44,32	0,3
	φλοιός	46,27	5,93	44,75	2,66
Ρίζες	ξύλο	48,35	6,27	45,11	0,23
	φλοιός	49,72	6,05	43,34	1,39

1.7.5.2 Αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της καύσης δασικής βιομάζας για παραγωγή θερμικής ενέργειας σχετίζονται με :

- την εκπομπή καυσαερίων και σωματιδίων από την καύση
- τη δημιουργία υπολειμμάτων και τη διαχείριση αυτών
- την όχληση από τη λειτουργία των μηχανών
- την αισθητική υποβάθμιση του τοπίου από τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου και τη δημιουργία των απαραίτητων κορμοπλατειών και χώρων αποθήκευσης της βιομάζας

1.7.5.2.1 Εκπομπές αέριων ρύπων

Με την καύση της δασικής βιομάζας απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδια του αζώτου (NO_x) και άλλες ενώσεις.

Διοξείδιο του άνθρακα

Αυξημένα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όμως, αν και η καύση της δασικής βιομάζας εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα δεν αυξάνει τα ποσοστά του στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει διότι οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται με την καύση της βιομάζας ισοσκελίζονται από ισοδύναμες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που απορροφήθηκαν από τα φυτά στη διάρκεια της ζωής τους. Επομένως το ισοζύγιο είναι πρακτικά μηδενικό.

Μονοξείδιο του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα σχηματίζεται κατά την ατελή καύση και θα πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα εφόσον:

- Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι εύφλεκτο αέριο. Υψηλές εκπομπές CO έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλούς βαθμούς απόδοσης.
- Το μονοξείδιο του άνθρακα έχει ενοχλητική οσμή.
- Η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις CO είναι επικίνδυνη.

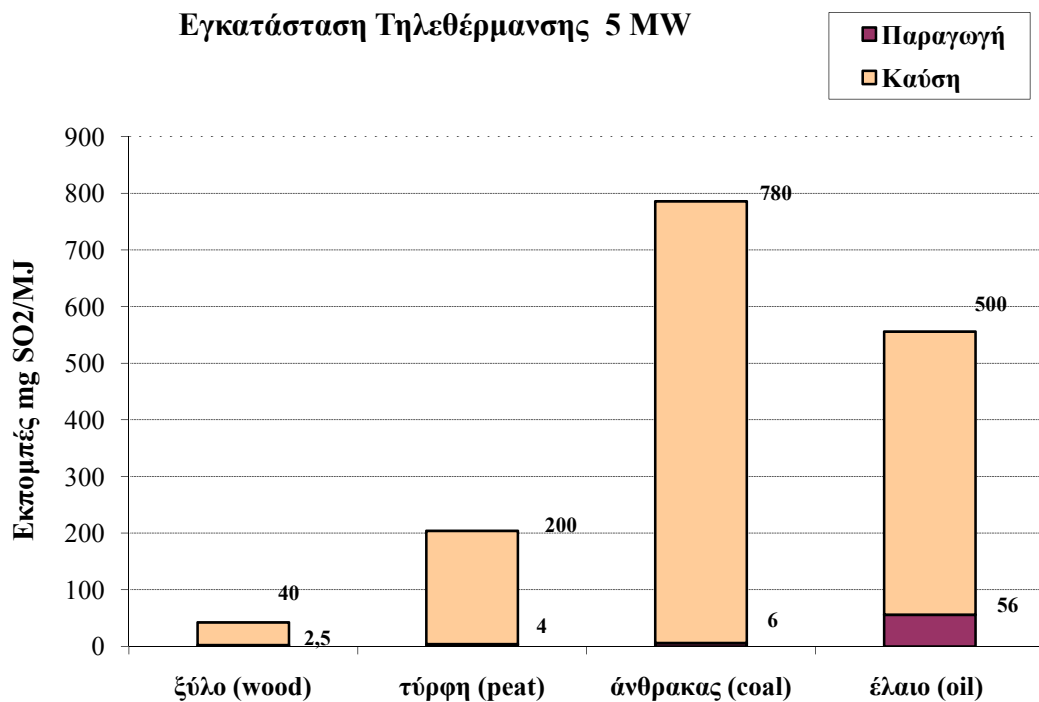
Οξείδια του θείου

Τα οξείδια του θείου που εκλύονται κατά την καύση της βιομάζας προέρχονται από οξείδωση του θείου. Η παρουσία τους είναι ανεπιθύμητη διότι αυξημένα ποσοστά είναι υπεύθυνα για την όξινη βροχή. Εντούτοις, η δασική βιομάζα έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου συγκρινόμενη με τον άνθρακα και το πετρέλαιο.

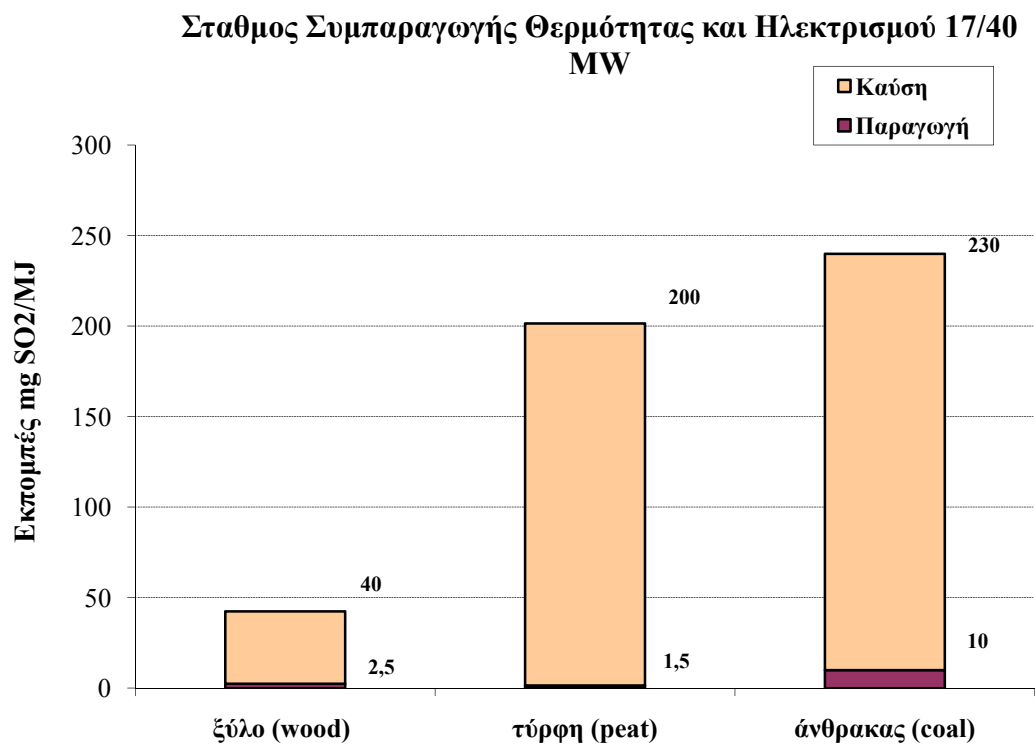
Πρακτικά, με την καύση δασικής βιομάζας το συνολικό ποσοστό των εκπομπών διοξειδίου του θείου είναι πολύ μικρό. Έτσι η καύση του ξύλου δεν απαιτεί εξοπλισμό για τη μείωση των εκπομπών SO₂.

Ακολουθούν τα Διαγράμματα 1.7 και 1.8 που δείχνουν τις εκπομπές του SO₂ σε δύο περιπτώσεις σταθμών.

Διάγραμμα 1.7 Διάγραμμα Εκπομπών SO₂ της καύσης σε σταθμό παραγωγής θερμότητας για τηλεθέρμανση 5 MW 17/40 MW (Πηγή: VTT /Wihersaari 1996)



Διάγραμμα 1.8 Διάγραμμα Εκπομπών SO₂ της καύσης σε σταθμό συμπαραγωγής θερμότητα και ηλεκτρισμού 17/40 MW (Πηγή: VTT /Wihersaari 1996)



Οξειδία του αζώτου

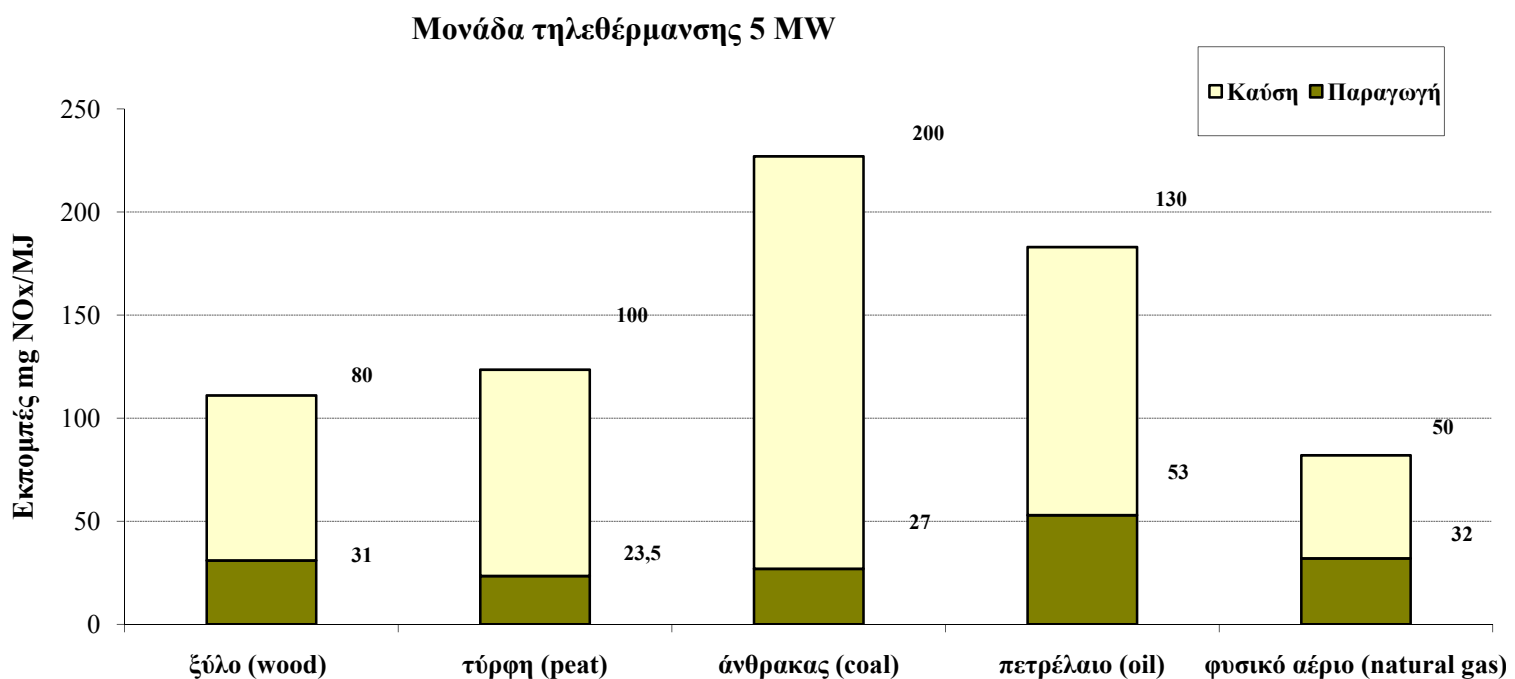
Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου που παράγονται κατά την καύση δασικής βιομάζας είναι χαμηλές. Τα οξειδία του αζώτου θεωρούνται ότι κατέχουν τη δεύτερη θέση μετά τις ενώσεις του θείου όσον αφορά στη συμβολή τους στη δημιουργία όξινης βροχής.

Ο σχηματισμός οξειδίων του αζώτου είναι μια περίπλοκη διαδικασία που εξαρτάται από τις συνθήκες καύσης και τη θερμοκρασία. Οι ιδιότητες του καυσίμου, η ύπαρξη οξυγόνου, οι θερμοκρασίες αντίδρασης και κυρίως η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι πολύ σημαντικές παράμετροι.

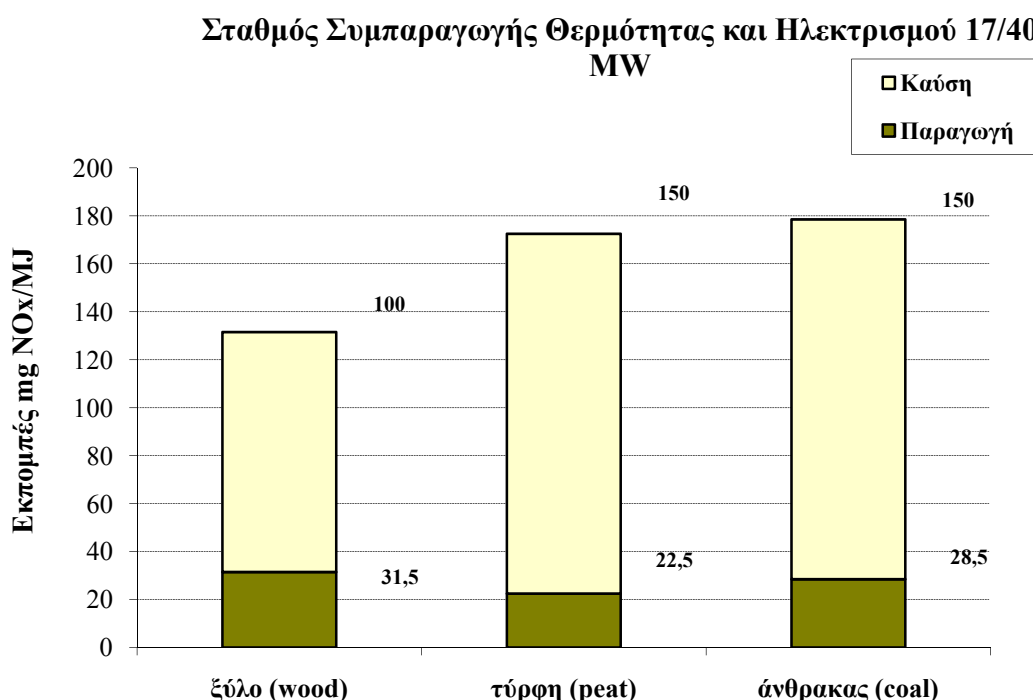
Γενικά, οι υψηλές θερμοκρασίες καύσης τείνουν να παράγουν μεγαλύτερες εκπομπές NO_x , εφόσον η αντίδραση του οξυγόνου που βρίσκεται στο θάλαμο καύσης και του αζώτου είναι αναπόφευκτη. Όταν η θερμοκρασία κατά την καύση του ξύλου είναι σχετικά χαμηλή, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται είναι μικρότερες από αυτές ενός συμβατικού καυσίμου.

Ακολουθούν τα Διαγράμματα 1.9 και 1.10 που δείχνουν τις εκπομπές NO_x σε δύο σταθμούς.

Διάγραμμα 1.9 Διάγραμμα Εκπομπών NO_x σε σταθμό παραγωγής θερμότητας για τηλεθέρμανση 5 MW (Πηγή: VTT /Wihersaari 1996)



Διάγραμμα 1.10 Διάγραμμα Εκπομπών NOx σε σταθμό συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού 17/40 MW (Πηγή: VTT /Wiheraari 1996)



Εκπομπές σωματιδίων

Τα απαέρια που προέρχονται από την καύση του ξύλου περιέχουν σωματίδια που λόγω του μικρού τους βάρους παρασύρονται και διαχέονται στην ατμόσφαιρα. Τα σωματίδια αποτελούν τον πιο προφανή αλλά και τον πιο σύνθετο ρυπαντή. Παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, τη χημική σύσταση και το σχήμα τους (αιωρούμενα θεωρούνται αυτά που έχουν διάμετρο μικρότερη από 10 μm, καλούνται δε και εισπνεύσιμα σωματίδια). Τα σωματίδια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα καλύπτουν μια μεγάλη περιοχή διαμέτρων. Συνήθως χωρίζονται σε κατηγορίες διαμέτρων και σε κάθε κατηγορία διαμέτρων αντιστοιχεί ένα ποσοστό είτε του συνολικού πλήθους των σωματιδίων είτε της συνολικής μάζας που εκπέμπεται. Η επίδραση των σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα είναι ένα πολύπλοκο πρόβλημα. Ένας λόγος πολυπλοκότητας προκύπτει από τη μεγάλη ποικιλία των μεγεθών και τύπων των σωματιδίων στον αέρα. Τα σωματίδια διαμέτρου μεγαλύτερης από 7 ως 10 μm πέφτουν στη γη εξαιτίας του βάρους τους. Τα σωματίδια επικάθονται στα φύλλα των φυτών με αποτέλεσμα να μειώνεται η ικανότητα απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο εσωτερικό των φύλλων.

Τα μικρότερα σωματίδια μένουν αιωρούμενα για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους πριν κατακαθίσουν στο έδαφος ή παρασύρονται από την βροχόπτωση και άλλους μηχανισμούς. Τα σωματίδια με διάμετρο μέχρι 5 μm κατακρατούνται από το ρινικό σύστημα του ανθρώπου.

Για την αποφυγή των αιωρούμενων σωματιδίων έχουν σχεδιαστεί ειδικές διατάξεις στις καμινάδες των εργοστασίων (κυκλώνες, σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα, κ.α.) με τις οποίες είναι δυνατόν να μειωθούν σε μεγάλο ποσοστό οι εν λόγω

εκπομπές εφόσον οι βαθμοί απόδοσης των σημερινών φίλτρων είναι της τάξης του 99,9% .

Άλλες εκπομπές

Έκτος από τις παραπάνω εκπομπές με την καύση της βιομάζας προκύπτουν και άλλα στοιχεία όπως πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, διοξίνες, υδροχλώριο, κλπ. Οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης και μερικοί από αυτούς είναι τοξικοί. Το υδροχλώριο μπορεί να προκαλέσει βλάβες όχι μόνο στη χλωρίδα της περιοχής, αλλά και στις εγκαταστάσεις. Η ποσότητα των εκπομπών του υδροχλωρίου έχει άμεση σχέση με την ποιότητα της βιομάζας, τις συνθήκες καύσης και τη διαδικασία καθαρισμού των καυσαερίων.

Τέφρα

Από την καύση του ξύλου προκύπτει ένα μικρό ποσοστό τέφρας (0,5-1% του βάρους του ξύλου) το οποίο προέρχεται από τα ανόργανα συστατικά του ξύλου και από ξένα συσσωματώματα (πέτρες, χώμα). Το ποσοστό τέφρας είναι ελεγχόμενο μέσω συσκευών ελέγχου. Η τέφρα μπορεί να έχει ποικίλες εφαρμογές, όπως :

- χρήση ως λίπασμα
- διασκορπισμός στο δάσος των συστατικών του εδάφους που απομακρύνθηκαν με τη συγκομιδή της δασικής βιομάζας για αναπλήρωση των θρεπτικών συστατικών (Στην ελληνική πραγματικότητα, λόγω των μεγάλων κλίσεων, η εναπόθεση της τέφρας σε όλη την επιφάνεια δάσους είναι δύσκολη και δαπανηρή.)
- χρήση στην τσιμεντοβιομηχανία για παραγωγή τσιμέντου

1.7.5.2.2 Ηχορύπανση

Η ηχορύπανση προέρχεται κυρίως από τα βαρέα οχήματα μεταφοράς βιομάζας, τη λειτουργία των μηχανημάτων φορτοεκφόρτωσης της βιομάζας στο σταθμό παραγωγής ενέργειας και από τη λειτουργία του λέβητα.

Για την αποφυγή τέτοιων οχλήσεων, η Ευρωπαϊκή Ένωση συνιστά την αποφυγή κατασκευής των σταθμών εντός κατοικημένων περιοχών και τη μόνωση των εστιών παραγωγής θορύβου εντός των σταθμών.

Επίσης, τα βαρέα οχήματα επιβάλλεται να είναι συντηρημένα επαρκώς για αποφυγή καυσαερίων πέραν των επιτρεπτών ορίων και διατήρηση του θορύβου λειτουργίας τους σε χαμηλά επίπεδα.

1.7.5.2.3 Αισθητική αλλοίωση του τοπίου

Η Ευρωπαϊκή Ένωση για την αποφυγή της αισθητικής αλλοίωσης του τοπίου συνιστά τη λήψη πρόνοιας κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή των εγκαταστάσεων αξιοποίησης δασικής βιομάζας με στόχο την κατά το δυνατό εναρμόνιση τους με τον περιβάλλοντα χώρο. Προτείνεται η χρήση γήινων χρωματισμών, η αποφυγή ογκωδών εγκαταστάσεων και η κάλυψη με φυσικές περιφράξεις των ανοιχτών επιφανειών και κορμοπλατειών.

1.7.5.3 Όρια εκπομπών ρύπων

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει νομοθεσία για τα ανώτατα όρια εκπομπών που προέρχονται από την καύση βιομάζας για μικρές εγκαταστάσεις καύσης. Έχουν ψηφιστεί νόμοι που αφορούν στα όρια των εκπομπών ρύπων για μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης. Η τελευταία απόφαση που έχει ληφθεί για αυτόν το σκοπό είναι:

Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων που προέρχονται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/80/EK "για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων από μεγάλες εγκαταστάσεις", του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2001.

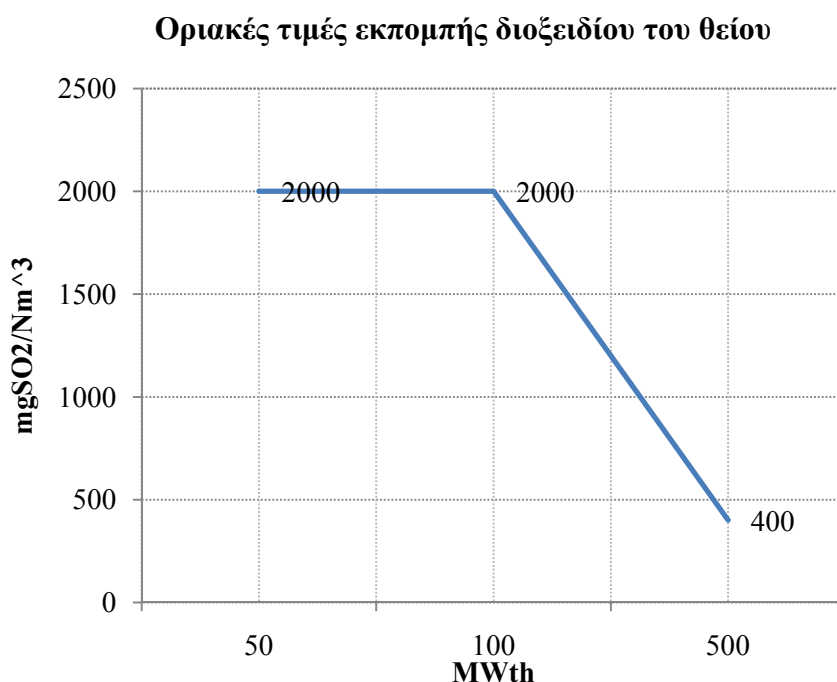
Η παρούσα απόφαση εφαρμόζεται στις εγκαταστάσεις καύσης που προορίζονται για την παραγωγή ενέργειας και έχουν ονομαστική θερμική ισχύ τουλάχιστον ίση προς 50 MW ανεξάρτητα από το είδος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου (στερεό, υγρό ή αέριο), εξαιρουμένων των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν απευθείας τα προϊόντα καύσης σε κάποια διαδικασία παραγωγής.

1.7.5.3.1 Οριακές τιμές εκπομπής διοξειδίου του θείου (SO₂)

Στερεά καύσιμα-νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις

Οι οριακές τιμές SO₂, εκφρασμένες σε mg/Nm³ (περιεκτικότητα σε O₂: 6% για τα στερεά) που εφαρμόζονται στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στο Διάγραμμα 1.11.

Διάγραμμα 1.11 Διάγραμμα Οριακών τιμών εκπομπής SO₂ στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις καύσης για τα στερεά καύσιμα



Στερεά καύσιμα-νέες εγκαταστάσεις

Οι οριακές τιμές SO₂, εκφρασμένες σε mg/Nm³ (περιεκτικότητα σε O₂: 6% για τα στερεά) που εφαρμόζονται στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 1.6.

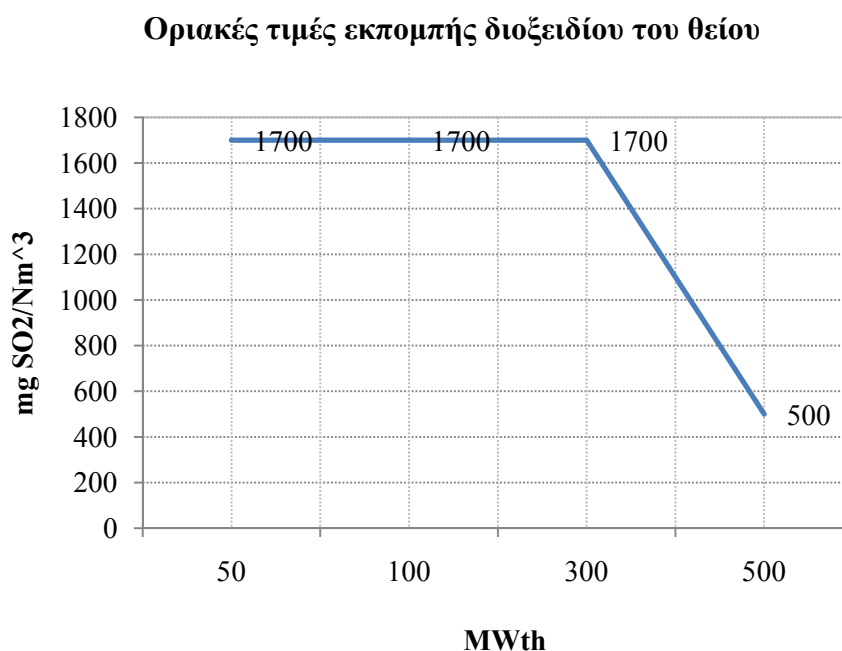
Πίνακας 1.6 Οριακές τιμές εκπομπής SO₂ στις νέες εγκαταστάσεις καύσης για τα στερεά καύσιμα

Τύπος καυσίμου	50 ως 100 MW _{th}	100 ως 300 MW _{th}	Ανω των 300MW _{th}
Βιομάζα	200	200	200
Γενική περίπτωση	850	200	200

Υγρά καύσιμα-νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις

Οι οριακές τιμές SO₂, εκφρασμένες σε mg/Nm³ (περιεκτικότητα σε O₂: 3% για τα υγρά) που εφαρμόζονται στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στο Διάγραμμα 1.12.

Διάγραμμα 1.12 Διάγραμμα Οριακών τιμών εκπομπής SO₂ στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις καύσης για τα υγρά καύσιμα



Υγρά καύσιμα-νέες εγκαταστάσεις

Οι οριακές τιμές SO₂, εκφρασμένες σε mg/Nm³ (περιεκτικότητα σε O₂: 3% για τα υγρά) που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 1.7.

Πίνακας 1.7 Οριακές τιμές εκπομπής SO₂ στις νέες εγκαταστάσεις καύσης για τα υγρά καύσιμα

50 ως 100 MW _{th}	100 ως 300 MW _{th}	Ανω των 300MW _{th}
850	400 ως 200 (γραμμική μείωση)	200

Αέρια καύσιμα-νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις καύσης

Οι οριακές τιμές SO₂, εκφρασμένες σε mg/Nm³ (περιεκτικότητα σε O₂: 3% για τα αέρια) που εφαρμόζονται στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 1.8.

Πίνακας 1.8 Οριακές τιμές εκπομπής SO₂ στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις καύσης για τα αέρια καύσιμα

Τύπος καυσίμου	Οριακές τιμές, mg/Nm ³
Αέρια καύσιμα εν γένει	35
Υγροποιημένο αέριο	5
Αέρια χαμηλής θερμογόνου δύναμης προερχόμενα από αεριοποίηση καταλοίπων δυλιστηρίων, αέρια οπτακονθρακοποιείων, αέρια υψικαμίνων	800

Αέρια καύσιμα-νέες εγκαταστάσεις

Οι οριακές τιμές SO₂, εκφρασμένες σε mg/Nm³ (περιεκτικότητα σε O₂: 3% για τα αέρια) που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 1.9.

Πίνακας 1.9 Οριακές τιμές εκπομπής SO₂ στις νέες εγκαταστάσεις καύσης για τα αέρια καύσιμα

Τύπος καυσίμου	Οριακές τιμές, mg/Nm ³
Αέρια καύσιμα εν γένει	35
Υγροποιημένο αέριο	5
Αέρια χαμηλής θερμογόνου δύναμης από κλιβάνους οπτακονθρακοποιείων	400
Αέρια χαμηλής θερμογόνου δύναμης	200

1.7.5.3.2 Οριακές τιμές εκπομπής οξειδίων του αζώτου (NO_x)

Νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις

Οι οριακές τιμές NO_x (μετρούμενες ως NO₂), εκφρασμένες σε mg/Nm³ (περιεκτικότητα σε O₂: 6% για τα στερεά και 3% για τα υγρά και αέρια καύσιμα) που εφαρμόζονται στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 1.10.

Πίνακας 1.10 Οριακές τιμές εκπομπής NO_x στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις καύσης για τα στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα

Τύπος καυσίμου/Ονομαστική θερμική ισχύς	Οριακές τιμές, mg/Nm ³
Στερεά	
-50 ως 500 MW _{th}	600
-άνω των 500 MW _{th}	500
Από 1 ^{ης} Ιανουαρίου 2016	
-50 ως 500 MW _{th}	600
-άνω των 500 MW _{th}	200
Υγρά	
-50 ως 500 MW _{th}	450
-άνω των 500 MW _{th}	400
Αέρια	
-50 ως 500 MW _{th}	300
-άνω των 500 MW _{th}	200

Νέες εγκαταστάσεις

Οι παρακάτω πίνακες (Πίνακες 1.11, 1.12 και 1.13) παρουσιάζουν τις αντίστοιχες τιμές για τις νέες εγκαταστάσεις για τα στερεά καύσιμα (Πίνακας 1.11), για τα υγρά καύσιμα (Πίνακας 1.12) και τα αέρια καύσιμα (Πίνακας 1.13).

Πίνακας 1.11 Οριακές τιμές εκπομπής NO_x εκφρασμένες σε mg/Nm³ που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις για τα στερεά καύσιμα (περιεκτικότητα σε O₂: 6%)

Τύπος καυσίμου	50 ως 100 MW _{th}	100 ως 300 MW _{th}	Άνω των 300 MW _{th}
Βιομάζα	400	300	200
Γενική περίπτωση	400	200	200

Πίνακας 1.12 Οριακές τιμές εκπομπής NO_x εκφρασμένες σε mg/Nm³ που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις για τα υγρά καύσιμα (περιεκτικότητα σε O₂: 3%)

50 ως 100 MW _{th}	100 ως 300 MW _{th}	Άνω των 300 MW _{th}
400	200	200

Πίνακας 1.13 Οριακές τιμές εκπομπής NO_x εκφρασμένες σε mg/Nm³ που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις για τα αέρια καύσιμα (περιεκτικότητα σε O₂: 3%)

Τύπος καυσίμου	50 ως 100 MW _{th}	100 ως 300 MW _{th}	Άνω των 300 MW _{th}
Φυσικό αέριο	200	200	200
Άλλα αέρια	850	200	200

1.7.5.3.3 Οριακές τιμές εκπομπής σωματιδίων

Νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις

Οι οριακές τιμές εκπομπής σωματιδίων, εκφρασμένες σε mg/Nm^3 (περιεκτικότητα σε O_2 : 6% για τα στερεά και 3% για τα υγρά και αέρια καύσιμα) που εφαρμόζονται στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 1.14.

Πίνακας 1.14 Οριακές τιμές εκπομπής σωματιδίων στις νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις καύσης για τα στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα εκφρασμένες σε mg/Nm^3

Τύπος καυσίμου	Ονομαστική ισχύς, MW_{th}	Οριακή τιμή, mg/Nm^3
Στερεά	Μεγαλύτερη-ίση των 500	50
	Μικρότερη των 500	100
Υγρά	Οποιαδήποτε	50
Αέρια	Οποιαδήποτε	Γενικά: 5

Νέες εγκαταστάσεις

Οι παρακάτω πίνακες (Πίνακας 1.15, 1.16 και 1.17) παρουσιάζουν τις αντίστοιχες τιμές για τις νέες εγκαταστάσεις για τα στερεά καύσιμα (Πίνακας 1.15), για τα υγρά καύσιμα (Πίνακας 1.16) και για τα αέρια καύσιμα (Πίνακας 1.17).

Πίνακας 1.15 Οριακές τιμές εκπομπής σωματιδίων εκφρασμένες σε mg/Nm^3 που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις για τα στερεά καύσιμα (περιεκτικότητα σε O_2 : 6%)

50 ως 100 MW_{th}	Άνω των 100 MW_{th}
50	30

Πίνακας 1.16 Οριακές τιμές εκπομπής σωματιδίων εκφρασμένες σε mg/Nm^3 που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις για τα υγρά καύσιμα (περιεκτικότητα σε O_2 : 3%)

50 ως 100 MW_{th}	Άνω των 100 MW_{th}
50	30

Πίνακας 1.17 Οριακές τιμές εκπομπής σωματιδίων εκφρασμένες σε mg/Nm^3 που εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις για τα αέρια καύσιμα (περιεκτικότητα σε O_2 : 3%)

Γενικός κανόνας	5
-----------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ

2.1 Γενικά για την τηλεθέρμανση

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης είναι μια εγκατάσταση που σκοπό έχει να τροφοδοτήσει με θερμική ενέργεια οικιακούς, εμπορικούς και βιομηχανικούς καταναλωτές μέσω ενός δικτύου μεταφοράς και διανομής της θερμότητας αυτής, από μία ή περισσότερες εγκαταστάσεις παραγωγής θερμότητας. Διαφέρει από την κλασσική μέθοδο παραγωγής και κατανάλωσης θερμότητας, σύμφωνα με την οποία η εγκατάσταση παραγωγής βρίσκεται στον τόπο κατανάλωσης, π.χ. οικιακοί λέβητες. Γι' αυτό και ονομάστηκε τηλεθέρμανση (ο όρος αυτός στη Γερμανική γλώσσα αποδίδεται «Fernwaerme» και στην Αγγλική γλώσσα «district heating»).

Η θερμότητα μπορεί να προορίζεται για θέρμανση χώρων και παρασκευή θερμού νερού χρήσης, οπότε η εγκατάσταση χαρακτηρίζεται ως τηλεθέρμανση πόλεων και οικισμών. Αν προορίζεται για βιομηχανική ή γεωργική χρήση, χαρακτηρίζεται αντίστοιχα βιομηχανική και αγροτοβιοτεχνική θερμότητα.

Η παραπάνω διάκριση είναι σκόπιμη εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασίας και του ποσού θερμότητας που απαιτείται. Έτσι τα θερμικά φορτία για θέρμανση χώρων απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 80°C στα δίκτυα της τηλεθέρμανσης.

Τα αγροτοβιοτεχνικά φορτία (θερμοκήπια - ξηραντήρια κλπ) απαιτούν χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ τα βιομηχανικά φορτία καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών.

Η μεταφορά και διανομή της θερμικής ενέργειας γίνεται με κατάλληλα εγκατεστημένα συστήματα αγωγών και ο φορέας μεταφοράς της θερμότητας είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό ή ατμός.

2.2 Κύρια στοιχεία συστήματος τηλεθέρμανσης

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από τρία κύρια στοιχεία :

- **Μονάδα παραγωγής θερμότητας** η οποία δύναται να είναι εγκατεστημένη μέσα, κοντά ή και μακριά από την πόλη που θερμαίνει
- **Σύστημα μεταφοράς θερμότητας** δηλαδή δίκτυο δίδυμων αγωγών για τη μεταφορά του υπέρθερμου νερού και του νερού επιστροφής από την πόλη που θερμαίνουν και **δίκτυο διανομής** το οποίο εγκαθίσταται μέσα στην πόλη με κεντρικούς άξονες, κλάδους και διακλαδώσεις παροχής θερμότητας στους καταναλωτές, κατοικίες ή κτίρια (όπως το δίκτυο ύδρευσης ή φυσικού αερίου).
- **Εγκαταστάσεις σε κατοικίες και κτίρια** δηλαδή εξοπλισμός που υποκαθιστά τους λέβητες κεντρικής θέρμανσης, για παροχή θερμού νερού θέρμανσης και χρήσης.

2.2.1 Μονάδα παραγωγής θερμότητας

Το κυρίαρχο στοιχείο ενός συστήματος τηλεθέρμανσης είναι συνήθως ένας σταθμός συμπαραγωγής ή ένας σταθμός παραγωγής θερμότητας. Στους σταθμούς συμπαραγωγής παράγονται ταυτόχρονα ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα. Ο

συνδυασμός συμπαραγωγής και τηλεθέρμανσης είναι πολύ αποδοτικός ενεργειακά. Ένας ατμοηλεκτρικός σταθμός που παράγει μόνο ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να μετατρέψει ποσοστό του καυσίμου σε ενέργεια. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας χάνεται σε μορφή θερμότητας. Ο σταθμός συμπαραγωγής αποκαθιστά αυτήν τη θερμότητα και έτσι έχει ένα βαθμό απόδοσης περί το 90%.

Άλλες πηγές θερμότητας για συστήματα τηλεθέρμανσης μπορεί να είναι η βιομάζα, η γεωθερμία, η ηλιακή ενέργεια και η πυρηνική ενέργεια.

2.2.2 Σύστημα μεταφοράς θερμότητας και δίκτυο διανομής

Δεύτερο στοιχείο είναι το δίκτυο σωληνώσεων που διανέμει τη θερμότητα στους καταναλωτές. Αποτελείται από γραμμές τροφοδοσίας και επιστροφής. Συνήθως οι σωληνώσεις είναι εγκατεστημένες υπογείως αλλά υπάρχουν συστήματα με υπέργειες σωληνώσεις. Οι αγωγοί, στο σύνολο τους σχεδόν, είναι χαλύβδινοι και περιβάλλονται από θερμομονωτικό υλικό για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Στο σύστημα μπορούν να εγκατασταθούν συστήματα αποθήκευσης θερμότητας για την ικανοποίηση της ζήτησης σε φορτίο αιχμής. Για την κυκλοφορία του υπέρθερμου νερού στα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται αντλίες - κυκλοφορητές.

Το σύνθετο μέσο που χρησιμοποιείται για τη διανομή θερμότητας είναι το νερό αλλά χρησιμοποιείται και ο ατμός. Το πλεονέκτημα του ατμού είναι ότι επιπροσθέτως στη χρήση του για θέρμανση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε βιομηχανικές διεργασίες χάρη στην υψηλή του θερμοκρασία. Το μειονέκτημα του ατμού είναι οι μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας.

2.2.3 Κτιριακές εγκαταστάσεις

Το τρίτο στοιχείο είναι το σύστημα του καταναλωτή που περιλαμβάνει ενδοκτιριακό εξοπλισμό. Όταν ο ατμός τροφοδοτείται στην κτιριακή εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για θέρμανση, μπορεί να κατευθυνθεί μέσω ενός συστήματος μείωσης της πίεσης για χρήση σε χαμηλής πίεσης (0-100kPa) ατμού θέρμανση χώρου ή μπορεί να περάσει μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας ατμού σε νερό, που μεταφέρει ενέργεια από το ένα ρευστό στο άλλο. Όταν το θερμό νερό τροφοδοτείται στα κτιριακά συστήματα τότε χρησιμοποιείται απευθείας.

2.3 Κεντρική Εγκατάσταση

Τα στοιχεία της κεντρικής εγκατάστασης παραγωγής ποικίλλουν ανάλογα με τις λειτουργίες που εξυπηρετούν, τον τύπο της ενεργειακής πηγής, τις περιβαλλοντικές ανάγκες και τον εξοπλισμό. Εφόσον η εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί για να παρέχει θέρμανση και ψύξη, ένας λέβητας παράγει ατμό ή θερμό νερό και μια ψυκτική διάταξη παρέχει νερό ψύξης. Ο λέβητας μπορεί να λειτουργεί καίγοντας άνθρακα, πετρέλαιο, αέριο ή άλλα τοπικά διαθέσιμα καύσιμα. Το νερό ψύξης μπορεί να παράγεται από μια ψυκτική μηχανή απορρόφησης ή από μία ψυκτική διάταξη που κινείται από ηλεκτρική ενέργεια, έναν αεριοστρόβιλο/ατμοστρόβιλο.

Σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι εξής:

- Σχεδιασμός για επέκταση και μελλοντική ανάπτυξη, όταν κρίνεται κατάλληλο
- Συμπαραγωγή

2.4 Σχεδιασμός τηλεθέρμανσης

2.4.1 Επιλογή Θερμοκρασίας και εργαζόμενου μέσου

Τα συστήματα διανομής κεντρικής θέρμανσης χρησιμοποιούν ατμό ή θερμό νερό ως εργαζόμενο μέσο. Ασχέτως του μέσου που χρησιμοποιείται, η θερμοκρασία και η πίεση για θέρμανση δεν πρέπει να είναι υψηλότερες από τις αναγκαίες για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των καταναλωτών. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις απαιτούν περισσότερο σχεδιασμό για να αποφευχθούν μεγάλες ενεργειακές απώλειες και μεγαλύτερες διαρροές. Τα επίπεδα ασφάλειας και άνεσης για το προσωπικό λειτουργίας και συντήρησης είναι καλύτερα για χαμηλότερες πιέσεις. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες απαιτούν σωληνώσεις και επιμέρους εξαρτήματα που έχουν καλύτερη αντοχή στις υψηλές πιέσεις.

Τα συστήματα θερμού νερού είναι χωρισμένα σε τρεις θερμοκρασιακές κλάσεις. Τα συστήματα υψηλής θερμοκρασίας έχουν θερμοκρασίες άνω των 175°C, τα μεσαίας θερμοκρασίας κυμαίνονται στο εύρος των 120 έως 175°C και τα χαμηλής θερμοκρασίας κυμαίνονται από 120°C και κάτω.

Σε πολλές περιπτώσεις, ο υπάρχων εξοπλισμός και οι διεργασίες απαιτούν τη χρήση ατμού. Τα χαμηλής πίεσης συστήματα λειτουργούν κάτω των 100kpa (1 bar) ή 120°C. Τα υψηλής πίεσης συστήματα λειτουργούν πάνω από αυτό το επίπεδο.

2.4.2 Αποδιδόμενο ποσό θερμότητας

Ο ατμός στηρίζεται στη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης του νερού περισσότερο από ότι στην αισθητή θερμότητα. Το καθαρό αποδιδόμενο ποσό θερμότητας του κορεσμένου ατμού στα 690 kPa (170°C) συμπυκνωμένο και που έχει ψυχθεί στους 80°C) είναι περίπου 2400 KJ/Kg. Το θερμό νερό που ψύχεται από τους 175 στους 120°C) έχει ένα καθαρό αποδιδόμενο ποσό θερμότητας της τάξης των 240 KJ/Kg ή περίπου 10% αυτού του ατμού. Έτσι ένα σύστημα θερμού νερού μπορεί να κυκλοφορήσει 10 φορές περισσότερη μάζα από αυτό του ατμού σε παρόμοια θερμική ικανότητα. (Πηγή: ASHRAE Systems and Equipment Handbook)

2.4.3 Μεγέθη σωληνώσεων

Παρόλο που απαιτείται λιγότερος ατμός για ένα δοσμένο θερμικό φορτίο και οι ταχύτητες ροής είναι υψηλότερες, ο ατμός συνήθως απαιτεί σωληνώσεις μεγάλου μεγέθους για τη γραμμή τροφοδοσίας εξαιτίας της χαμηλότερης πυκνότητας. Αυτό αποζημιώνεται από μία μικρότερη σωλήνωση επιστροφής. Τα κόστη σωληνώσεων για ατμό και συμπύκνωμα είναι συχνά συγκρίσιμα με αυτά για τροφοδοσία και επιστροφή με θερμό νερό.

2.4.4 Σύστημα επιστροφής

Τα συστήματα επιστροφής συμπυκνώματος απαιτούν περισσότερη συντήρηση από τα συστήματα επιστροφής θερμού νερού. Η διάβρωση των σωληνώσεων και των άλλων στοιχείων, ειδικά σε περιοχές που το νερό τροφοδοσίας έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα είναι ένα πρόβλημα. Οι μη μεταλλικές σωληνώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε κάποιες εφαρμογές, όπως συστήματα επιστροφής με αντλίες, όπου ήταν δυνατό να απομονωθεί η μη μεταλλική σωλήνωση.

Παρόμοιες ανησυχίες συνδέονται με τους σταθμούς συγκέντρωσης συμπυκνώματος για γραμμές τροφοδοσίας με ατμό. Η συλλογή και επιστροφή του συμπυκνώματος πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά καθώς σχεδιάζεται ένα σύστημα ατμού. Παρόλο που παρόμοια προβλήματα εμφανίζονται και στα συστήματα θερμού νερού, εμπνέουν μικρότερη ανησυχία.

2.4.5 Απαιτήσεις πίεσης

Στην κυκλοφορία του ατμού και του θερμού νερού παρουσιάζονται απώλειες πίεσης. Τα συστήματα θερμού νερού μπορεί να χρησιμοποιούν αντλίες για να αυξήσουν την πίεση σε σημεία μεταξύ της εγκατάστασης και του καταναλωτή. Εξαιτίας της υψηλότερης πυκνότητας του νερού, οι αυξομειώσεις της πίεσης σε ένα σύστημα θερμού νερού είναι μεγαλύτερες από αυτές στα συστήματα ατμού. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τα οικονομικά του συστήματος θερμού νερού με την απαίτηση υψηλότερης τάξης, από άποψη πίεσης, αντλίες και σωληνώσεις.

2.5 Πλεονεκτήματα τηλεθέρμανσης-Σύγκριση με περίπτωση αυτόνομων συστημάτων θέρμανσης

2.5.1 Οικονομικά οφέλη

Τα παρακάτω οικονομικά πλεονεκτήματα πρέπει να ληφθούν υπόψη όσον αφορά στα συστήματα τηλεθέρμανσης.

2.5.1.1 Προσωπικό λειτουργίας

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα για τα μεγάλα κτίρια με σημαντικές ανάγκες θέρμανσης είναι ότι το προσωπικό που απασχολείται με τη λειτουργία και συντήρηση των συστημάτων μπορεί να μειωθεί. Οι περισσότεροι νόμοι απαιτούν την παρουσία επιβλεπόντων μηχανικών όταν οι λέβητες υψηλής πίεσης είναι σε λειτουργία. Κάποια παλιότερα συστήματα απαιτούσαν να είναι παρόν εκπαιδευμένο προσωπικό συνέχεια στο λεβητοστάσιο. Όταν το κτίριο τροφοδοτείται με θερμική ενέργεια τότε η ανάγκη για εξειδικευμένη βοήθεια έχει πρακτικά εξαλειφθεί. Ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος ελέγχου του κτιρίου υπάρχει η δυνατότητα σημαντικής μείωσης του απασχολούμενου προσωπικού.

2.5.1.2 Ασφάλεια

Τόσο η καταλληλότητα όσο και η αξιοπιστία αυξάνεται σημαντικά με την ανυπαρξία λέβητα στο μηχανοστάσιο εφόσον ο κίνδυνος πυρκαγιάς ή ατυχήματος πρακτικά εξαλείφεται.

2.5.1.3 Χώρος

Ο κενός χώρος για χρήση αυξάνεται εφόσον δεν είναι πλέον απαραίτητος ο λέβητας και ο σχετικός εξοπλισμός. Ο θόρυβος που συνοδεύει το λέβητα και τον εξοπλισμό του πρακτικά μηδενίζεται. Παρόλο που ο κενός χώρος δύσκολα μετατρέπεται σε εργασιακό χώρο προσφέρει τη δυνατότητα για αύξηση του αποθηκευτικού χώρου ή για άλλες χρήσεις.

2.5.1.4 Συντήρηση εξοπλισμού

Εφόσον ο μηχανολογικός εξοπλισμός είναι μικρότερος η ανάγκη συντήρησης του είναι κι αυτή αναλογικά μικρότερη καταλήγοντας σε λιγότερα έξοδα και μειωμένο προσωπικό απασχολούμενο με τη συντήρηση.

2.5.1.5 Υψηλότερη Θερμική Απόδοση

Μία μεγαλύτερη κεντρική εγκατάσταση μπορεί να επιτύχει υψηλότερες θερμικές αποδόσεις από μία μικρή μονάδα. Όταν οι κανονισμοί είναι πιο αυστηροί, ο επιπρόσθετος εξοπλισμός για τον έλεγχο των εκπομπών είναι πιο οικονομικός για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Ο εξοπλισμός αιχμής είναι λιγότερο δαπανηρός για χρήση σε μεγάλα φορτία ή σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

2.5.1.6 Μεγαλύτερο εύρος κατάλληλων καυσίμων

Οι μικρότερες μονάδες είναι συνήθως σχεδιασμένες για ένα τύπο καυσίμου. Οι μεγαλύτερες μονάδες σχεδιάζονται για περισσότερα του ενός καυσίμου.

2.5.1.7 Οικονομικά της ενεργειακής πηγής

Αν η υπάρχουσα εγκατάσταση είναι η ενεργειακή πηγή, η διαθέσιμη θερμοκρασία και πίεση του θερμικού ρευστού είναι προκαθορισμένη. Αν ο ατμός που εξάγεται από τον υπάρχοντα στρόβιλο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για την παροχή θερμικής ενέργειας οι συνθήκες της απομάστευσης καθορίζουν τη μέγιστη θερμοκρασία και πίεση λειτουργίας του συστήματος. Υπάρχει ανάγκη διεξαγωγής μελέτης για να καθοριστεί το ποσοστό της ενέργειας που θα απομαστευτεί για την παραγωγή θερμικής ενέργειας και το ποσοστό που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αν μελετάται η κατασκευή ενός νέου κεντρικού σταθμού, πρέπει να ληφθεί η απόφαση για συμπαραγωγή ή για παραγωγή μόνο θερμικής ενέργειας.

Η επιλογή της θερμοκρασίας και της πίεσης είναι κρίσιμη γιατί μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την οικονομική βιωσιμότητα του σχεδίου του συστήματος τηλεθέρμανσης.

Η διαθεσιμότητα και η τοποθεσία των ενεργειακών πηγών πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη για τη βελτιστοποίηση του οικονομικού σχεδιασμού του συστήματος τηλεθέρμανσης.

2.5.1.8 Αρχικό κεφάλαιο επένδυσης

Το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για ένα σύστημα τηλεθέρμανσης είναι συνήθως το μεγαλύτερο οικονομικό κριτήριο. Ο αρχικός σχεδιασμός επένδυσης περιλαμβάνει τέσσερα στάδια :

- Σχεδιασμός της Κεντρικής ιδέας (Concept planning)

Παρόλο που το κόστος κατασκευής αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης είναι αδύνατο να αγνοηθούν οι παρακάτω παράγοντες που καθορίζουν την οικονομική επιτυχία ή αποτυχία της επιχείρησης. Το σχέδιο πρέπει να προσαρμοστεί στα τεχνικά, οικονομικά και πολιτικο-κοινωνικά δεδομένα.

- Τεχνικός Σχεδιασμός (Design)

Το σύστημα διανομής καταλαμβάνει ένα σημαντικό ποσοστό του αρχικού κεφαλαίου. Ο σχεδιασμός του συστήματος διανομής εξαρτάται από το μέσο μεταφοράς θερμότητας και τη θερμοκρασία και πίεση λειτουργίας. Η αποτυχία εκτίμησης αυτών των μεταβλητών–κλειδιά μπορεί να καταλήξει σε υψηλότερα από τα αναμενόμενα κόστη εγκατάστασης.

- Κατασκευή (Construction)

Τα κόστη κατασκευής εξαρτώνται από την ποιότητα του καθορισμού της κεντρικής ιδέας και του σχεδιασμού. Ακόμα και μια μικρή καθυστέρηση στην έναρξη μπορεί να επηρεάσει την οικονομική απόδοση και την εμπιστοσύνη του καταναλωτή.

Ο απαραίτητος χρόνος που χρειάζεται για την απόκτηση του εξοπλισμού καθορίζει τον απαιτούμενο χρόνο για την κατασκευή του συστήματος τηλεθέρμανσης.

- Σύνδεση Καταναλωτών στο Δίκτυο (Consumer interconnect)

Υψηλά κόστη σύνδεσης στο δίκτυο της τηλεθέρμανσης μπορεί να ευνοούν την εγκατάσταση ενδοκτιριακών συστημάτων.

2.5.2 Περιβαλλοντικά οφέλη

2.5.2.1 Γενικά για τα περιβαλλοντικά οφέλη

Η αύξηση της εγκατάστασης συστημάτων τηλεθέρμανσης έχει καταλήξει σε ένα καλύτερο περιβάλλον και σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα της χρήσης των καυσίμων.

Αν η ανάπτυξη των συστημάτων τηλεθέρμανσης συγκριθεί με τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου και αιωρούμενων σωματιδίων διαπιστώνεται ότι η ποιότητα της ατμόσφαιρας συνεχώς βελτιώνεται.

2.5.2.2 Παραδείγματα περιβαλλοντικών οφελών σε χώρες της Ευρώπης

2.5.2.2.1 Κοπεγχάγη, Δανία

Το δίκτυο διανομής το οποίο τροφοδοτείται από σταθμούς συμπαραγωγής διανέμει θερμότητα σε περίπου 63 τοπικά δίκτυα τηλεθέρμανσης.

Παρόλο που η κερδοφορία και η άνεση ήταν οι αρχικοί στόχοι της εισαγωγής και επέκτασης των συστημάτων τηλεθέρμανσης στο παρελθόν, τώρα ο κύριος στόχος είναι η προστασία του περιβάλλοντος. Είναι φανερό ότι είναι πιο εφικτό να ελεγχθούν οι εκπομπές από μεγάλους σταθμούς από ότι αυτές από τους χιλιάδες οικιακούς λέβητες διασκορπισμένους σε μία πόλη.

Τα τελευταία χρόνια οι εκπομπές SO₂ ανά TJ ενέργειας που παράγεται από τους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας μειώθηκαν κατά 50%.

2.5.2.2.2 Ελσίνκι, Φινλανδία

Στην προσπάθεια της βελτιστοποίησης της αποδοτικότητας της χρήσης του καυσίμου εισήχθη η τηλεθέρμανση το 1952.

Η περιεκτικότητα διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα μειώθηκε εξαιτίας της αύξησης των συστημάτων τηλεθέρμανσης. Έρευνες έδειξαν μια μεγάλη μείωση του διοξειδίου του θείου στις αρχές του 1970 όταν η τηλεθέρμανση κατείχε μερίδιο αγοράς της τάξης του 50 %.

Το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ενέργειας στο Ελσίνκι παράγεται με φυσικό αέριο.

Οι εκπομπές των σταθμών μειώθηκαν σημαντικά από το 1990. Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου μειώθηκαν κατά 74% και αυτές των οξειδίων του αζώτου κατά 60%.

2.6 Εφαρμογές τηλεθέρμανσης

2.6.1 Ιστορικά στοιχεία

Η τηλεθέρμανση έχει τις ρίζες της στα θερμαινόμενα λουτρά και θερμοκήπια της αρχαίας ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Τα συστήματα τηλεθέρμανσης εφαρμόζονται στην Ευρώπη κατά το Μεσαίωνα και την εποχή της Αναγέννησης, με ένα σύστημα στη Γαλλία σε συνεχή λειτουργία από το 14^ο αιώνα. Τον 16^ο και 17^ο αιώνα η αποθήκευση του καυσίμου, ο περιορισμός του καπνού και η ασφάλεια ήταν οι πιο σημαντικοί παράγοντες στο σχεδιασμό των συστημάτων θέρμανσης, όπως φαίνεται από μια πρόταση εγκατάστασης τηλεθέρμανσης στο Λονδίνο το 1623. Ένα Ρωσικό παλάτι, χτισμένο το 1783 είχε ένα σύστημα θερμού νερού βασισμένο σε γαλλική τεχνολογία. Λέβητες και υπόγεια σωλήνωση χρησιμοποιήθηκαν από βρετανικά εργοστάσια το 1790 ενώ από το 1820 χρησιμοποιήθηκαν ευρέως. Η αποβαλλόμενη θερμότητα από τα εργοστάσια το 1830 χρησιμοποιήθηκε για τη θέρμανση δημοσίων λουτρών. Το Crystal Palace στο Λονδίνο είχε τηλεθέρμανση το 1851.

Πέρα από τον Ατλαντικό η Αμερικάνικη Ναυτική Ακαδημία στην Αννάπολη εφάρμοσε λειτουργία τηλεθέρμανσης με ατμό το 1853.

Παρόλο που αυτά τα πολυάριθμα συστήματα έχουν λειτουργήσει στην πάροδο των αιώνων, το πρώτο εμπορικά επιτυχημένο σύστημα τηλεθέρμανσης έγινε στο Lockport της Νέας Υόρκης το 1877 από έναν υδραυλικό μηχανικό τον Birdsill Holly, που θεωρείται θεμελιωτής της σύγχρονης τηλεθέρμανσης. Ο Holly εγκατέστησε ένα σύστημα ατμού στην πόλη εφαρμόζοντας αρχές από το επιτυχημένο σύστημα προμήθειας νερού άμεσης πίεσης. Η εταιρεία του εγκατέστησε περίπου 50 συστήματα προτού πωληθεί σε μια ομάδα επενδυτών, η οποία πούλησε εκατοντάδες παραπάνω σε όλο τον κόσμο τα επόμενα 80 χρόνια.

2.6.2 Παράγοντες διείσδυσης τηλεθέρμανσης στην αγορά θερμότητας στην Ευρώπη

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών η τηλεθέρμανση πόλεων στην Ευρώπη έχει αναπτυχθεί ταχύτατα. Η διείσδυση της τηλεθέρμανσης στην αγορά θερμότητας είναι διαφορετική από χώρα σε χώρα. Η διείσδυση επηρεάζεται από διαφορετικούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών συνθηκών, της πυκνότητας πληθυσμού, της διαθεσιμότητας ενεργειακών πηγών, των συνηθειών θερμικής κατανάλωσης, του κόστους και των προτύπων ιδιοκτησίας και του οικονομικού και νομικού πλαισίου που καθορίζεται από τον σχεδιασμό και την κυβερνητική πολιτική.

2.6.2.1 Περιβαλλοντικές συνθήκες

Οι κλιματικές συνθήκες είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την τηλεθέρμανση στην Ευρώπη. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος θέρμανσης ή ψύξης, τόσο πιο οικονομικά βιώσιμη είναι η εφαρμογή της τηλεθέρμανσης. Οι κλιματικές συνθήκες δεν εξετάζονται μόνο με τη μέθοδο των θερμοημερών αλλά λαμβάνεται υπόψη και η διάρκεια του φορτίου.

2.6.2.2 Πυκνότητα πληθυσμού

Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι ένας παράγοντας ακόμα πιο σημαντικός από τις κλιματικές συνθήκες στον καθορισμό της επιτυχίας των συστημάτων τηλεθέρμανσης. Οι περιοχές υψηλότερης πυκνότητας έχουν μεγαλύτερη ζήτηση ανά m^2 . Η πυκνότητα είναι μετρήσιμη, μέσω του συνδεδεμένου φορτίου, ανά μέγεθος μονάδας των συστημάτων διανομής. Τα περισσότερα Ευρωπαϊκά συστήματα εξυπηρετούν υψηλής πυκνότητας κατοικημένες περιοχές. Περίπου το 80% των γαλλικών, γερμανικών, σουηδικών και φινλανδικών είναι τοποθετημένα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Στη Δανία παρόλα αυτά εξυπηρετούνται σε μεγάλο ποσοστό αραιοκατοικημένες περιοχές από την τηλεθέρμανση.

2.6.2.3 Οικονομικά χαρακτηριστικά τηλεθέρμανσης

Η τηλεθέρμανση έχει τρία σημαντικά οικονομικά χαρακτηριστικά. Πρώτον, απαιτεί ένα σημαντικό αρχικό κεφάλαιο επένδυσης, συνήθως με μία μακρά περίοδο αποπληρωμής. Αυτό καθιστά την κερδοφορία των συστημάτων τηλεθέρμανσης ευάλωτη στο κόστος του κεφαλαίου. Δεύτερον η σχετική ελκυστικότητα της τηλεθέρμανσης εξαρτάται από τα κόστη των ανταγωνιστικών πηγών ενέργειας και τα λειτουργικά κόστη του συστήματος. Τα λειτουργικά κόστη μπορούν να αποτελούν περί το 80% του ετήσιου συνολικού κόστους, αλλά μπορούν να μειωθούν σημαντικά με τη συμπαραγωγή. Τέλος, τα κόστη επέκτασης (για την πρόσθεση νέων χρηστών σε περιοχές υψηλής πυκνότητας) είναι σχετικά χαμηλά εφόσον το σύστημα έχει λάβει χώρα, αλλά μόνο όταν το σύστημα λειτουργεί στη μέγιστη απόδοση.

2.6.2.4 Συνήθειες θερμικής κατανάλωσης

Οι συνήθειες θερμικής κατανάλωσης, τα οποία ποικίλλουν από χώρα σε χώρα, έχουν επηρεάσει τα οικονομικά της τηλεθέρμανσης. Έχει παρατηρηθεί μείωση της θερμικής κατανάλωσης ανά κατοικία.

2.6.2.5 Πρότυπα ιδιοκτησίας

Ενώ ο τύπος της ιδιοκτησίας μπορεί να επηρεάσει την επιτυχία των συστημάτων τηλεθέρμανσης, δεν υπάρχει ένα μοναδικό πρότυπο ιδιοκτησίας στην Ευρώπη. Τα σουηδικά συστήματα αναπτύχθηκαν από τις δημοτικές αρχές. Στη Δανία τα συστήματα τηλεθέρμανσης είναι και δημόσιας και ιδιωτικής ιδιοκτησίας.

2.6.2.6 Κυβερνητικός Σχεδιασμός

Ο κυβερνητικός σχεδιασμός έχει παίξει έναν κεντρικό ρόλο άμεσα και έμμεσα στην ανάπτυξη των συστημάτων τηλεθέρμανσης. Άμεσα βοηθάει στην οργάνωση και το

σχεδιασμό των συστημάτων ενώ έμμεσα ελέγχει την αστικοποίηση που δημιουργεί την πυκνότητα πληθυσμού που χρειάζεται για την τηλεθέρμανση. Οι κυβερνητικές αρχές σχεδιάζουν την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της τηλεθέρμανσης. Δημόσιες και ιδιωτικές επιχειρήσεις είναι απασχολημένες με την παραγωγή και τη διανομή, με τη διανομή συνήθως στην αρμοδιότητα των δημόσιων επιχειρήσεων. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα συστήματα αναπτύσσονται από οργανισμούς που δημιουργούνται γι' αυτόν το σκοπό και συντονίζονται από τους σχεδιαστικούς συντελεστές των τοπικών κυβερνήσεων.

Εφόσον η τηλεθέρμανση επωφελείται από την πυκνή ανάπτυξη, τα περισσότερα συστήματα αρχίζουν στα αστικά κέντρα όπου υπάρχουν εμπορικές και οικιστικές μονάδες. Παρόλα αυτά όσο αυξάνεται η διεισδυτικότητα των συστημάτων τηλεθέρμανσης, ο έλεγχος του σχεδιασμού και της ανάπτυξης διαδραματίζει έναν σημαντικότερο ρόλο.

Οι Ευρωπαϊκές τοπικές κυβερνήσεις περιορίζουν τα δικαιώματα της ατομικής ιδιοκτησίας προς όφελος του δημοσίου συμφέροντος. Για παράδειγμα στη Σκανδιναβία υφίσταται μια μακρά παράδοση δημόσιας ιδιοκτησίας της γης για μελλοντική αστική ανάπτυξη. Αν αυτή η γη πουληθεί, η σύνδεση με το δίκτυο τηλεθέρμανσης θα είναι προϋπόθεση πώλησης.

Ελέγχοντας την ανάπτυξη, οι ευρωπαϊκές χώρες παρήγαγαν συμπαγείς και με καλή ρυμοτομία πόλεις. Η πόλη είναι χωρισμένη σε οικιστικές, βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες.

Οι εθνικοί νόμοι σε κάθε χώρα απαιτούν το σχεδιασμό από τις τοπικές κυβερνήσεις για μια ευρεία ποικιλία δημοτικών υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένης και της διαχείρισης ενέργειας.

2.6.3 Αριθμητικά στοιχεία τηλεθέρμανσης στην Ευρώπη και στην Αμερική

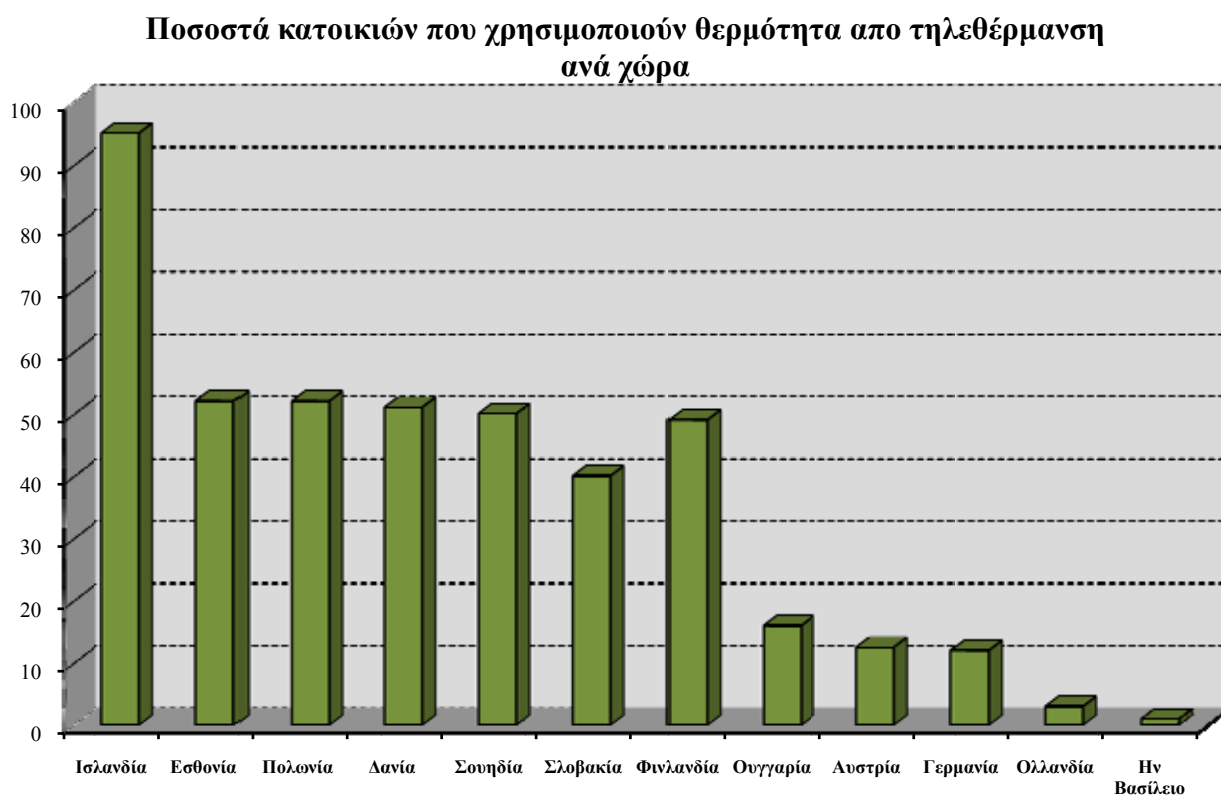
Τα μεγαλύτερα συστήματα τηλεθέρμανσης από ενεργειακής απόψεως φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1 Ενέργεια μεγαλύτερων συστημάτων τηλεθέρμανσης (Πηγή: www.energy.rochester.edu/dh/largest.htm)

Πόλη	GWh
Αγία Πετρούπολη	66,000
Μόσχα	42,000
Πράγα	15,000
Βαρσοβία	10,600
Βουκουρέστι	10,197
Σεούλ	10,000
Βερολίνο	9,247
Κοπεγχάγη	8,000
Νέα Υόρκη	7,800
Στοκχόλμη	7,500
Ελσίνκι	6,000
Αμβούργο	5,500
Παρίσι	5,100
Γκέτεμποργκ	3,500
Ρέικιαβικ	3,200
Κρακοβία	2,900
Γκστάαντ	2,300
Ταμπέρε	1,800
Ινδιανάπολις	1,625
Φιλαδέλφεια	1,100
Ντιτρόιτ	870

Το έτος 2000 το ποσοστό των κατοικιών στην Ευρώπη που τροφοδοτούνται με θερμότητα από τηλεθέρμανση φαίνονται στο Διάγραμμα 2.1

Διάγραμμα 2.1 Ποσοστά κατοικιών που χρησιμοποιούν θερμότητα από τηλεθέρμανση (Πηγή: Sabine Froning (Euroheat & Power): DHC/CHP/RES a smile for the environment, Kiev 2003)



2.6.4 Στοιχεία τηλεθέρμανσης στην Ευρώπη, στην Αμερική και στην Ελλάδα

2.6.4.1 Δανία

Στη Δανία, η τηλεθέρμανση καλύπτει περισσότερο από 60% της θέρμανσης χώρου και θέρμανσης νερού. Το 2005 το 82,4 % της θερμότητας παράχθηκε από σταθμούς συμπαραγωγής ενέργειας και ηλεκτρισμού. Οι περισσότερες μεγάλες πόλεις στη Δανία έχουν μεγάλα δίκτυα τηλεθέρμανσης. Το μεγαλύτερο δίκτυο τηλεθέρμανσης είναι στην Κοπεγχάγη το οποίο λειτουργεί από το CTR I/S και VEKS I/S. Στην κεντρική Κοπεγχάγη το CTR δίκτυο καλύπτει περίπου 275.000 νοικοκυριά (90-95 % του πληθυσμού της περιοχής) μέσω ενός δικτύου διανομής 54 km προμηθεύοντας με θερμικό φορτίο αιχμής 663 MW. Η τιμή αγοράς της θερμικής ενέργειας από το CTR είναι περίπου 42 €/MWh συν τους φόρους.

2.6.4.2 Φινλανδία

Στη Φινλανδία, η τηλεθέρμανση αντιπροσωπεύει το 50% της αγοράς θερμικής ενέργειας τα 4/5 της οποίας παράγονται από σταθμούς συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

2.6.4.3 Γερμανία

Στη Γερμανία, η τηλεθέρμανση έχει ένα μερίδιο αγοράς της τάξης του 14 % στον τομέα των μεμονωμένων κατοικιών. Το συνδεδεμένο θερμικό φορτίο είναι περίπου

52.729 MW. Η θερμότητα προέρχεται κυρίως από σταθμούς συμπαραγωγής σε ποσοστό 83%. Οι θερμικοί σταθμοί καλύπτουν το 16 % και 1 % προέρχεται από την πλεονάζουσα θερμότητα από τη βιομηχανία. Οι σταθμοί συμπαραγωγής χρησιμοποιούν ως καύσιμο φυσικό αέριο (42%), άνθρακα (39%), λιγνίτη (12%) και υπολείμματα (7%). Το μεγαλύτερο δίκτυο διανομής είναι εγκατεστημένο στο Βερολίνο.

2.6.4.4 Νορβηγία

Στη Νορβηγία, η τηλεθέρμανση καλύπτει μόνο το 2% των ενεργειακών αναγκών σε θερμότητα. Αυτό είναι ένα πολύ χαμηλό ποσοστό συγκρινόμενο με παρόμοιες χώρες. Ένας από τους σημαντικούς λόγους που η τηλεθέρμανση έχει μικρή διεισδυτικότητα στη Νορβηγία είναι η πρόσβαση σε φθηνή υδροηλεκτρική ενέργεια.

2.6.4.5 Ολλανδία

Στην Ολλανδία, τα συστήματα περιορίζονται σε συστήματα που χρησιμοποιούν τη θερμότητα των αποβλήτων ή τα δημοτικά στερεά απόβλητα ως πηγή καυσίμων.

2.6.4.6 Η.Π.Α.

Στις Η.Π.Α., οι περισσότερες τηλεθερμάνσεις εξυπηρετούν κυρίως κολλέγια, πανεπιστημιούπολεις, βιομηχανικά και εμπορικά συγκροτήματα, στρατιωτικές βάσεις, και παρόμοια ιδρύματα. Αυτές οι εφαρμογές δεν έχουν καμία ομοιότητα με τα Ευρωπαϊκά συστήματα, δεδομένου ότι δεν εμπλέκουν αυστηρά την αγορά και την πώληση της ενέργειας. Εντούτοις, χαρακτηρίζονται από αυξανόμενη ενεργειακή αποδοτικότητα και χαμηλό κόστος ενεργειακών υπηρεσιών που πραγματοποιούνται με την παροχή της θερμικής ενέργειας από μια κεντρική πηγή.

Η τηλεθέρμανση είχε δύο βασικά σχέδια ανάπτυξης στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στο πρώτο, τα συστήματα ατμού αναπτύχθηκαν για να εξυπηρετήσουν ποικίλους χρήστες και τύπους κτηρίων τοποθετημένων σε μια αστική περιοχή. Τέτοια αστικά συστήματα αναπτύσσονται χαρακτηριστικά από ιδιωτικές εταιρίες για να ωφεληθούν σύμφωνα με τις ρυθμίσεις και τους φόρους..

Ο δεύτερος τύπος συστήματος αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει θεσμικές ανάγκες. Αυτά τα συστήματα εξυπηρετήσαν έναν ενιαίο χρήστη, ενιαία ή μερικά σχετικά κτίρια, ή ένα συγκρότημα κτιρίων. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν σε κολέγια, πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, βιομηχανικά πάρκα, στις πολυκατοικίες, στα εμπορικά καταστήματα και στα ιατρικά συγκροτήματα. Αυτά τα συστήματα αναφέρονται συχνά απλά ως κεντρική θέρμανση.

2.6.4.7 Ελλάδα

Στον ελληνικό χώρο, η πρώτη, μικρού μεγέθους, εγκατάσταση τηλεθέρμανσης λειτουργεί από το 1960 θερμαίνοντας τον οικισμό της ΔΕΗ στο Προάστιο Εορδαίας, από τον ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Σήμερα το συνδεδεμένο θερμικό φορτίο ξεπερνά κατά πολύ τα 300Gcal/h (349MW) στις πόλεις της Κοζάνης, της Πτολεμαΐδας, του Αμυνταίου καθώς και η τηλεθέρμανση Μεγαλόπολης.

Ταυτόχρονα έχουν εκπονηθεί και εκπονούνται πλήθος μελετών σκοπιμότητας ή διερευνητικών μελετών οι οποίες αναφέρονται στην ανάπτυξη ή βελτίωση συστημάτων τηλεθέρμανσης.

2.6.4.7.1 Τηλεθέρμανση Κοζάνης

Η εγκατάσταση Τηλεθέρμανσης σκοπό έχει να τροφοδοτήσει την πόλη με θερμότητα για την θέρμανση χώρων και παραγωγή θερμού νερού χρήσης. Το θερμικό φορτίο αιχμής εκτιμήθηκε σε 100 MW_{th} (ετήσια θερμική ζήτηση περίπου 160.000 MWh) για το έτος κορεσμού. Σήμερα έχει ξεπερασθεί και είναι 125 MW_{th} με ετήσια θερμική ζήτηση περίπου 220.000 MW_{th} για την περίοδο 98-99.

Το 60 % του θερμικού φορτίου αιχμής παράγεται στη μονάδα βάσης που είναι οι μονάδες III,IV, και V του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου. Το υπόλοιπο 40 % όταν αυτό απαιτείται παράγεται σε λεβητοστάσιο αιχμής που κατασκευάστηκε για το σκοπό αυτό στην είσοδο της πόλης.

Η ετήσια παραγωγή θερμότητας κατανέμεται κατά 90% στη μονάδα βάσης και κατά 10% στη μονάδα αιχμής.

Το συνολικό σύστημα της τηλεθέρμανσης είναι σχεδιασμένο να εξυπηρετεί τις καταναλώσεις με θερμοκρασίες υπερθέρμου νερού προσαγωγής οι οποίες θα κυμαίνονται εποχιακά μεταξύ 90°C και 120°C. Οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις κτιρίων επιτρέπουν θερμοκρασίες επιστροφής κυμαινόμενες εποχιακά μεταξύ 55°C και 70°C.

Το λεβητοστάσιο αιχμής αποτελείται από 3 λέβητες των 10 MW ο καθένας. Οι λέβητες είναι φλογοαυλωτοί τριπλής διαδρομής και ο καθένας φέρει δύο καυστήρες πετρελαίου ή μαζούτ ή φυσικού αερίου.

2.6.4.7.2 Τηλεθέρμανση Αμυνταίου

Το έργο Τηλεθέρμανση Ευρύτερης Περιοχής Αμυνταίου προβλέπει εγκαταστάσεις για την τηλεθέρμανση του οικισμού Αμυνταίου (6500 κάτοικοι), του οικισμού Φιλώτα (2200 κάτοικοι) και του οικισμού Λεβαΐας (1100 κάτοικοι) με θερμική ενέργεια που παράγεται στον ΑΗΣ Αμυνταίου-Φιλώτα, συνολικής ισχύος 25 MW_{th} με δυνατότητα επέκτασης μέχρι τα 40 MW_{th}.

Το μέσο μεταφοράς της θερμότητας είναι θερμό-υπέρθερμο νερό, θερμοκρασίας προσαγωγής 120°C, θερμοκρασίας επιστροφής 60°C ως 70°C, εποχιακά κυμαινόμενων.

Το θερμικό φορτίο αιχμής είναι 35 MW_{th}.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΓΡΕΒΕΝΩΝ

3.1 Δυναμικό από γεωργική βιομάζα

Η γεωργική βιομάζα αφορά κυρίως τα υπολείμματα καλλιεργειών της περιοχής δηλαδή αυτά που παραμένουν στο χωράφι μετά το θερισμό και είτε καίγονται είτε ενσωματώνονται στο έδαφος. Οι ποσότητες παραγόμενης βιομάζας από τη γεωργία υπολογίζεται από τα στοιχεία που δίνουν την κατανομή των καλλιεργειών στο νομό Γρεβενών.

Ο Πίνακας 3.1 δείχνει τις ποσότητες γεωργικής βιομάζας και το ενεργειακό τους περιεχόμενο.

Πίνακας 3.1 Ποσότητες γεωργικής βιομάζας (Πηγή: ΕΣΥΕ)

Είδος καλλιέργειας	Παραγωγή Υπολειμμάτων (kg/στρέμμα)	Υγρασία (% κ.β.)	Ποσότητες καλλιεργειών (στρέμματα)	Υπολείμματα (tn)	Θερμογόνος ικανότητα (MJ/kg ξ.β.)	Θερμογόνος ικανότητα ως έχει MJ/kg	Ενεργειακό περιεχόμενο (MJ)
Αμπέλια - σταφιδάμπελα	497,00	45,00%	3.430,00	1.704,71	17,05	8,3425	14.221.543,18
Αραβόσιτος	717,00	55,00%	15.360,00	11.013,12	16,58	6,196	68.237.291,52
Κριθάρι	212,00	15,00%	71.812,98	15.224,35	15,75	13,0425	198.563.607,8
Σιτάρι μαλακό	297,00	15,00%	122.324,00	36.330,23	16,1	13,34	484.645.241,5
Σιτάρι σκληρό	282,00	15,00%	19.742,40	5.567,36	16,1	13,34	74.268.539,71
Οπωρικά	588,00	40,00%	1.296,62	762,41	16,58	9,028	6.883.060,592

Το συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο των υπολειμμάτων γεωργικής βιομάζας είναι 846.819.284,35 MJ δηλαδή 846,82 TJ. Αν θεωρηθεί ότι από αυτήν την ποσότητα της γεωργικής βιομάζας αξιοποιήσιμο είναι το 50% τότε το ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αξιοποιηθεί είναι 423,41 TJ.

3.2 Δυναμικό από δασική βιομάζα

3.2.1 Τεχνικά αξιοποιήσιμο δυναμικό στο νομό Γρεβενών

Η παραγωγή ξυλώδους όγκου στο νομό Γρεβενών περιλαμβάνει τεχνική ξυλεία Πεύκης, Οξυάς, Ελάτης και Δρυός και καυσόξυλα από Πεύκη, Δρυ και Οξυά.

Στο νομό υπάρχουν δημόσια και μη δημόσια δάση. Τα μη δημόσια είναι Κοινοτικά, Δημοτικά, Ιδιωτικά, Συνεταιρικά, Συνιδιόκτητα και Μοναστηριακά-Εκκλησιαστικά με συνολική έκταση 71377,78 Ha.

Τα δημόσια δάση αποτελούνται από τα εξής δασικά συμπλέγματα :(Πηγή: Διεύθυνση Δασών Γρεβενών)

I. Δασικό Σύμπλεγμα Σαμαρίνας (συνολικής εκτάσεως 11289,66 Ha)

II. Δασικό Σύμπλεγμα Περιβολίου-Αβδέλλας-Σμίξης (συνολικής εκτάσεως 20154,64 Ha)

- III. Δασικό Σύμπλεγμα Κρανιάς-Μοναχίτιου-Κηπουρείου (συνολικής εκτάσεως 15074 Ha)
- IV. Δασικό Σύμπλεγμα Αγίων Θεοδώρων-Φελλίου-Σιταρα (συνολικής εκτάσεως 10392,40 Ha)
- V. Δασικό Σύμπλεγμα Φιλιππίων-Πολυνερίου-Σπηλαίου-Μαυραναίων κ.λ.π. (συνολικής εκτάσεως 17525,30 Ha)
- VI. Δασικό Σύμπλεγμα Μεσολουρίου-Καλλονής-Καληράχης-Κοκκινιάς κ.λ.π. (συνολικής εκτάσεως 24532 Ha)
- VII. Δασικό Σύμπλεγμα Δεσκάτης-Δασοχωρίου-Παρασκευής-Καρπερού κ.λ.π. (συνολικής εκτάσεως 19468 Ha)
- VIII. Δασικό Σύμπλεγμα Βεντζίων (Κνίδης-Παλαιοχωρίου-Σαρακίνας κ.λ.π.) (συνολικής εκτάσεως 37128 Ha)

Η συνολική έκταση των δημοσίων δασών είναι 155314 Ha

Η παραγωγή που ενδιαφέρει άμεσα από ενεργειακή άποψη είναι η προερχόμενη από ξυλεία θρυμματισμού-βιομηχανικό ξύλο και καυσόξυλα. Στην περίπτωση του νομού Γρεβενών η παραγωγή προερχόμενη από βιομηχανικό ξύλο είναι πολύ μικρή. Αυτό απαλλάσσει από το δίλημμα της χρήσης ή μη χρήσης της παραγωγής από βιομηχανικό ξύλο. Το πρόβλημα με τη χρήση του βιομηχανικού ξύλου για ενεργειακούς σκοπούς έγκειται στο ότι υφίστανται ανταγωνιστικές χρήσεις.

Τα στοιχεία παραγωγής ξυλώδους όγκου, σε ετήσια βάση δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Τα στοιχεία αυτά αντλήθηκαν από τη διεύθυνση δασών Γρεβενών.

Στις ποσότητες αυτές δε συμπεριλαμβάνονται τα καυσόξυλα που χορηγούνται για τις ατομικές ανάγκες των κατοίκων των ορεινών οικισμών. Οι ποσότητες αυτές δεν είναι καταγεγραμμένες με ακρίβεια. Είναι όμως ένα δυναμικό εν δυνάμει αξιοποιήσιμο. Όμως επειδή εξετάζεται η περίπτωση της εγκατάστασης ενός συστήματος τηλεθέρμανσης στην πόλη των Γρεβενών είναι δύσκολο να αξιοποιηθεί αυτό το δυναμικό γιατί θα δυσχεράνει τη ζωή των παραδασόβιων οικισμών με κίνδυνο κοινωνικών συγκρούσεων.

3.2.1.1 Δημόσια Δάση

Οι Πίνακες 3.2, 3.3 και 3.4 παρουσιάζουν τις ποσότητες των δημοσίων δασών σε τρεις κατηγορίες ξυλείας: τεχνική ξυλεία (Πίνακας 3.2), βιομηχανικό ξύλο (Πίνακας 3.3), καυσόξυλο (Πίνακας 3.4). Τα στοιχεία των ποσοτήτων ξυλείας λήφθηκαν από τη Γενική Γραμματεία Δασών.

Πίνακας 3.2 Τεχνική ξυλεία (1999-2006)

Έτος	Ελάτη (m ³)	Πεύκη (m ³)	Οξυά (m ³)	Δρύς (m ³)	Σύνολο (m ³)
1999	289	14225	1794	0	16308
2000	108	6427	853	0	7388
2001	98	3140	187	0	3425
2002	401	14390	706	0	15497
2003	0	10533	1016	0	11549
2004	172	17103	347	46	17668
2005	32	13935	931	0	14898
2006	79	9827	1599	383	11888
Σύνολο	1179	89580	7433	429	98621
Μέσος Όρος	147,375	11198	929,13	53,625	12327,625

Πίνακας 3.3 Βιομηχανικό ξύλο (1999-2006)

Έτος	Ελάτη (m ³)	Πεύκη (m ³)	Οξυά (m ³)	Δρύς (m ³)	Σύνολο (m ³)
1999	0	1614	0	0	1614
2000	5	204	0	0	209
2001	0	0	0	0	0
2002	0	0	16	0	16
2003	0	0	7	0	7
2004	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0
Σύνολο	5	1818	23	0	1846
Μέσος Όρος	0,625	227,25	2,875	0	230,75

Πίνακας 3.4 Καυσόξυλο

Έτος	Ελάτη (m ³)	Πεύκη (m ³)	Οξυά (m ³)	Δρύς (m ³)	Σύνολο (m ³)
1999	0	580	1715	1778	4073
2000	0	352	1029	1200	2581
2001	3	294	459	4602	5358
2002	4	2644	436	1965	5049
2003	0	804	1836	1808	4448
2004	0	496	1733	2373	4602
2005	0	2676	1835	4029	8540
2006	0	596	1677	341	2614
ΣΥΝΟΛΟ	7	8442	10720	18096	37265
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	0,875	1055,3	1340	2262	4658,125

3.2.1.2 Μη Δημόσια Δάση

Οι Πίνακες 3.5, 3.6 και 3.7 παρουσιάζουν τις ποσότητες δασικής βιομάζας στα μη δημόσια δάση σε κατηγορίες: τεχνική ξυλεία (Πίνακας 3.5), βιομηχανικό ξύλο (Πίνακας 3.6), καυσόξυλο (Πίνακας 3.7). Τα στοιχεία των ποσοτήτων που παρουσιάζονται στους πίνακες λήφθηκαν από τη Γενική Γραμματεία Δασών.

Πίνακας 3.5 Τεχνική Ξυλεία

Έτος	Σύνολο (m ³)
2002	1293
2003	616
2004	0
2005	2676
2006	972
Σύνολο	5557
Μέσος Όρος	1389,25

Πίνακας 3.6 Βιομηχανικό Ξύλο

Έτος	Σύνολο (m ³)
2002	80
2003	0
2004	0
2005	0
2006	0
Σύνολο	80
Μέσος Όρος	16

Πίνακας 3.7 Καυσόξυλο

Έτος	Σύνολο (m ³)
2002	7720
2003	11929
2004	
2005	4866
2006	10411
Σύνολο	34926
Μέσος Όρος	8731,5

Για μεγαλύτερη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων έχουν συγκεντρωθεί στοιχεία των τελευταίων 8 ετών για τα δημόσια δάση και των τελευταίων 5 για τα μη δημόσια και έχει υπολογιστεί ο μέσος όρος της παραγωγής. Το 2004 φαίνεται να μην υπάρχει παραγωγή στα μη δημόσια δάση. Ίσως να μην έχει γίνει κατάλληλη μελέτη γι' αυτό το χρόνο γι' αυτό δεν έχει ληφθεί υπόψιν στη διαμόρφωση του μέσου όρου.

Η πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο από τη μονάδα τηλεθέρμανσης πρέπει να ληφθεί από την κατηγορία του καυσόξυλου με στόχο την αποφυγή του ανταγωνισμού με τις υπόλοιπες επιχειρήσεις εκμετάλλευσης ξυλείας. Δεν είναι

σίγουρα επιθυμητή η ανύψωση των τιμών εφόσον μακροπρόθεσμα θα είχε αρνητικές συνέπειες σε όλες τις επιχειρήσεις εκμετάλλευσης ξυλείας.

Από τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί για την παραγωγή των δασών του νομού των Γρεβενών και μετά την επεξεργασία τους έχει εκτιμηθεί η ετήσια ποσότητα δασικής βιομάζας. Παρατίθεται στον Πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8 Συνολικές Διαθέσιμες ποσότητες δασικής βιομάζας

N.Γρεβενών	Τεχνική Ξυλεία (m ³)	Καυσόξυλο (m ³)
Δημόσια Δάση	12327,625	4658,125
Μη Δημόσια Δάση	1389,25	8731,5
Σύνολο	13716,875	13389,625

Έτσι, εφόσον έχουν ληφθεί υπόψιν όλοι οι παράγοντες, κοινωνικοί και τεχνικοοικονομικοί εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ετήσια διαθέσιμη ποσότητα βιομάζας στην περιοχή είναι 13389,625 m³ δηλαδή 6560,91625 tn.

3.2.2 Βιομάζα από μονάδες επεξεργασίας δασικών προϊόντων

Σύμφωνα με στοιχεία της Διεύθυνσης Δασών Γρεβενών λειτουργούν σήμερα οι εξής μονάδες επεξεργασίας ξυλείας:

- Alfa Wood « Πίνδος » Α.Ε.Β.Ε. η οποία είναι Βιομηχανία παραγωγής ινοσανίδας
- Αφοί Ζιώγα Α.Ε.
- Γιώτας Α.Ε.
- Κωνσταντινίδης Α.Ε.

Επίσης υπάρχουν στην περιοχή και αρκετές μικρότερες μονάδες επεξεργασίας ξυλείας.

Συμφωνά με στοιχεία ληφθέντα από το Κ.Α.Π.Ε. τα υπολείμματα για το έτος 2004 απεικονίζονται στον Πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9 Υπολείμματα και τιμές πώλησης μονάδων επεξεργασίας ξυλείας

	Υπόλειμμα σε t	Υπόλειμμα για πώληση σε t	Τιμή προς πώληση σε €/t
Γιώτας Α.Ε.	1000	0	
Αφοί Ζιώγα Α.Ε.	103	0	
Κωνσταντινίδης Α.Ε.	300	250	29,3

3.3 Περιοριστικοί Παράγοντες στην Αξιοποίηση της βιομάζας

3.3.1 Οικολογία

Σημαντικός περιοριστικός παράγοντας είναι η ασφαλής διαχείριση των αποθεμάτων, με στόχο να μη διαταραχτεί η οικολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων και να μην

αλλοιωθεί η φυσική ομορφιά των περιοχών. Γι' αυτό οι υπολογισμοί της αξιοποιήσιμης βιομάζας γίνονται με βάση τις διαχειριστικές μελέτες των δασαρχείων που συνοψίζονται στα στοιχεία της Διεύθυνσης Δασών.

3.3.2 Ανταγωνιστικές χρήσεις του διαθέσιμου δυναμικού

Από τις παραγόμενες ποσότητες στο Νομό Γρεβενών ένα μέρος διατίθεται για κάλυψη αναγκών διαφόρων βιομηχανιών και βιοτεχνιών, όπως είναι κατά κύριο λόγο η βιομηχανία παραγωγής μορισανίδων και ινοσανίδων, αλλά και οι βιοτεχνίες παραγωγής ασβεστοπολτού. Οι ποσότητες αυτές δε συνυπολογίζονται στις δυνάμενες για αξιοποίηση στην παραγωγή ενέργειας για τηλεθέρμανση. Αυτό θα ήταν λάθος εφόσον θα επέφερε δυσλειτουργίες στην αγορά, προκαλώντας τεχνητή ανύψωση τιμών και μακροπρόθεσμα θα είχε αρνητικές επιπτώσεις για τις ίδιες τις μονάδες.

Επίσης η διάθεση όλης της πρώτης ύλης σε συγκεκριμένες μονάδες παραγωγής ενέργειας δε θα ήταν σκόπιμη εφόσον θα αφαιρούσε την πρώτη ύλη από την υφιστάμενη αξιοποίησή της στη μεμονωμένη θέρμανση κατοικιών. Ενδέχεται για την κάλυψη των απαιτούμενων ποσοτήτων της καύσιμης ύλης, να αξιοποιηθούν για ενέργεια κάποιες από τις ποσότητες αυτές.

Κυρίαρχο ενδιαφέρον παρουσιάζεται στη σωστότερη αξιοποίηση της υφιστάμενης πρώτης ύλης (που ένα μέρος της μάλιστα μένει αναξιοποίητο σήμερα), ώστε τελικά να επιτευχθεί μείωση του κόστους συγκομιδής, μείωση του κόστους θέρμανσης, εξοικονόμηση ενέργειας και τελικά και εξοικονόμηση πρώτης ύλης. Η βελτιστοποίηση του συστήματος συγκομιδής, θρυμματισμού, φόρτωσης και μεταφοράς μπορεί να επιτευχθεί μέσω μελετών από τους δασολόγους και να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους.

3.3.3 Πλαίσιο λειτουργίας μονάδας αξιοποίησης βιομάζας

Όπως προκύπτει από τη διεθνή εμπειρία, βασική προϋπόθεση για την ομαλή και απρόσκοπτη λειτουργία μιας μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης της δασικής βιομάζας, εκτός φυσικά από την οικονομική τροφοδοσία της πρώτης ύλης, αποτελεί και η εξ' αρχής αποσαφήνιση του πλαισίου και των αρχών που θα διέπουν την όλη διαδικασία. Οι βασικές αρχές θα πρέπει να είναι :

- Προκαθορισμός του φορέα ο οποίος θα αναλάβει τη διαχείριση του έργου (δημοτικές αρχές, ιδιωτικός επενδυτής, κρατικός φορέας)
- Καθορισμός και γνωστοποίηση των τελών θέρμανσης και σύνδεσης
- Διασφάλιση τεχνικής υποστήριξης, έχοντας ως πρώτο μέλημα την ανάπτυξη τοπικών προϋποθέσεων για την άμεση και οικονομικότερη αντιμετώπιση των τεχνικών προβλημάτων
- Διασφάλιση έγκαιρης χρηματοδότησης για κεφάλαια κίνησης και πρόβλεψη κάλυψης κεφαλαιουχικού κόστους, κόστους συντήρησης και λειτουργίας, επέκτασης κλπ.
- Διαρκής ενημέρωση των κατοίκων για τα πλεονεκτήματα του έργου αλλά και τις υποχρεώσεις τους, ώστε άμεσα η τοπική κοινωνία να γίνει κοινωνός του εγχειρήματος και να συνδεθούν εξ' αρχής κατά το δυνατόν περισσότεροι κάτοικοι με το δίκτυο τηλεθέρμανσης

3.4 Ανθρώπινο Δυναμικό

Οι δασικοί συνεταιρισμοί που απασχολούνται με τις εργασίες συγκομιδής της ξυλείας στο νομό Γρεβενών είναι οι παρακάτω (Πηγή: Διεύθυνση Δασών Γρεβενών):

• ΔΑΣ Αβδέλλας	11 μέλη
• ΔΑΣ Αγίων Θεοδώρων	35 μέλη
• ΔΑΣ « Άγιος Νικόλαος » Περιβολίου	9 μέλη
• ΔΑΣ Σμίξης « Η Βασιλίτσα »	15 μέλη
• ΔΑΣ « Αγία Παρασκευή » Μοναχιτίου	7 μέλη
• ΔΑΣ Ζιάκας	14 μέλη
• ΔΑΣ « Θ.Ζιάκας » Σπηλαίου	8 μέλη
• ΔΑΣ Κηπουρείου	19 μέλη
• ΔΑΣ Κοσματίου	5 μέλη
• ΔΑΣ Κρασιάς	36 μέλη
• ΔΑΣ « Η Λάβδα » Γρεβενώ	9 μέλη
• ΔΑΣ Μαυραναίων	11 μέλη
• ΔΑΣ Μικρολίβαδου	18 μέλη
• ΔΑΣ Μοναχιτίου	22 μέλη
• ΔΑΣ Περιβολίου	18 μέλη
• ΔΑΣ « Πίνδος » Περιβολίου	8 μέλη
• ΔΑΣ Σαμαρίνας	23 μέλη
• ΔΑΣ Σπηλαίου	23 μέλη
• ΔΑΣ Σμίξης	10 μέλη
• ΔΑΣ « Φλέγκα » Περιβολίου	15 μέλη
• ΔΑΣ Τρικώμου	9 μέλη

3.5 Κόστος δασικής βιομάζας

Τα ανώτατα όρια τιμών ανάθεσης των υλοτομικών και λοιπών συγκομιστικών εργασιών από τις Δασικές Υπηρεσίες σε Δασικούς Συνεταιρισμούς, ομάδες δασεργατών και μεμονωμένους δασεργάτες, για το έτος 2007 είναι καθορισμένα από το ΦΕΚ Τεύχος Β 69/26.01.07. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες από τις βασικές τιμές οι οποίες παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 και 3.16. Οι τιμές αυτές είναι διαμορφωμένες ανά δασοπονικό είδος και ανάλογα με την εκάστοτε εργασία. Όπου χ.κ.μ. εννοείται χωρικό κυβικό μέτρο.

Σε αυτές τις διαμορφωμένες τιμές προστίθενται:

- οι προσαυξήσεις ειδικών περιοχών

Η διεύθυνση Δασών Γρεβενών δε συμπεριλαμβάνεται σε αυτές τις περιοχές.

- η προσαύξηση καθολικής εκτέλεσης των δασικών εργασιών από τον ίδιο φορέα

Οι τιμές υλοτομίας και μετατόπισης-μεταφοράς προσαυξάνονται στις περιπτώσεις που τόσο η υλοτομία όσο και η μετατόπιση-μεταφορά αναλαμβάνονται από τον ίδιο φορέα-Δασικό Συνεταιρισμό ή ομάδα υλοτόμων ή μεμονωμένοι δασεργάτες-για τα καυσόξυλα κατά ποσοστό 10%.

- η προσαύξηση χειμερινών εργασιών (1^η Νοεμβρίου ως 31^η Μαρτίου)
Οι τιμές των καυσοξύλων προσαυξάνονται κατά ποσοστό 20%.

- επίδομα δαπανών μετακίνησης

Για τις δαπάνες μετακίνησης των δασεργατών, των μηχανημάτων, εργαλείων και ζώων από τους τόπους κατοικίας στους τόπους εργασίας, χορηγείται προσαύξηση επι των τιμών των εργασιών με βάση την απόσταση από την έδρα του Συνεταιρισμού μέχρι το υλοτόμιο.

Από 0-50 km:	10%
Από 51-100km:	15%
Από 101-150 km:	0%
Από 151-άνω km:	25%

- προσαύξηση λόγω κλίσεως εδάφους της συστάδας

Για μέση κλίση συστάδας 35-70% η προσαύξηση είναι κατά 10% ενώ για μέση κλίση πάνω από 70% είναι κατά 15%.

- προσαύξηση λόγω χαμηλής πυκνότητας λήμματος
- προσαύξηση καλής εκτέλεσης των δασικών εργασιών (10%)

3.5.1 Κόστος Υλοτομίας

Για τις υλοτομικές εργασίες (ρίψη, αποκλάδωση, αποφλοιώση, τεμαχισμό, διαμόρφωση άκρων, σχίση, πελέκηση) παραγωγής δασικών προϊόντων ανά δασοπονικό είδος οι τιμές παρουσιάζονται στον πίνακα 3.10 για τα κωνοφόρα, 3.11 για τα πλατύφυλλα και 3.12 για την καστανιά.

Πίνακας 3.10 Κωνοφόρα (Πλην Τραχείας και Χαλεπίου Πεύκης)

Δασοπονικά είδη- Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή σε €
Καύσιμο ξύλο	Χ.Κ.Μ	3,91

Πίνακας 3.11 Πλατύφυλλα (Πλην Καστανιάς)

Δασοπονικά είδη-Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων	Μονάδα μέτρησης	Τιμή σε €
Καύσιμο ξύλο		
Α.Λεύκης	X.K.M.	2,34
Β.Οξύς και λοιπών ειδών	X.K.M.	4,68
Γ.Δρυός	X.K.M.	5,11
Δ.Δρυός σε μίξη με άλλα είδη, ανεξαρτήτως του ποσοστού μίξεως	X.K.M.	5,04

Πίνακας 3.12 Καστανιάς

Δασοπονικά είδη-Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων	Μονάδα μέτρησης	Τιμή σε €
Καυσόξυλα	X.K.M.	3,51

3.5.2 Κόστος Μετατόπισης-Μεταφοράς

Για την εργασία μετατόπισης και μεταφοράς των δασικών προϊόντων από τους τόπους υλοτομίας μέχρι τους τόπους συγκέντρωσης αυτών, μετά της εργασίας ταξινόμησης και στοιβαξης κατά κατηγορία προϊόντος οι καθορισμένες τιμές φαίνονται στους Πίνακες 3.13 και 3.14.

Πίνακας 3.13 Κωνοφόρα (Πλην Τραχείας και Χαλεπίου Πεύκης)

Δασοπονικά είδη-Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων Αποστάσεις Μετατόπισης (χ) σε εκατόμετρα	Μονάδα μέτρησης	Τιμή σε €
Καυσόξυλα		
Α.Όταν $\chi \leq 5$ εκατ	X.K.M.	2,60+0,98
Β.Όταν $\chi > 5$ εκατ	X.K.M.	4,34+0,69

Πίνακας 3.14 Πλατύφυλλα

Δασοπονικά είδη-Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων Αποστάσεις Μετατόπισης (χ) σε εκατόμετρα	Μονάδα μέτρησης	Τιμή σε €
Καυσόξυλα		
1.Λεύκης		
Α.Όταν $\chi \leq 5$ εκατ	X.K.M.	2,70+0,46
Β.Όταν $5 < \chi \leq 10$ εκατ	X.K.M.	3,70+0,34
Γ.Όταν $10 < \chi \leq 20$ εκατ	X.K.M.	4,46+0,30
Δ.Όταν $\chi > 20$ εκατ	X.K.M	5,52+0,23
2.Δρυός, Οξυάς και Λοιπών ειδών		
Α.Όταν $\chi \leq 5$ εκατ	X.K.M.	3,43+0,98
Β.Όταν $\chi > 5$ εκατ	X.K.M	4,54+0,76

3.5.3 Κόστος Φόρτωσης

Για την εργασία φόρτωσης, επί αυτοκινήτου, πρωτογενών δασικών προϊόντων, στους χώρους συγκέντρωσης αυτών (δασόδρομοι-κορμοπλατείες), καθώς και στους χώρους των Κρατικών Δασικών Βιομηχανιών οι καθορισμένες τιμές παρατίθενται στον Πίνακα 3.15.

Πίνακας 3.15 Τιμές φόρτωσης

Καύσιμο ξύλο (χωρίς ζύγισμα)	Μονάδα μέτρησης	Τιμή σε €
Α.Κωνοφόρων	X.K.M.	
Β.Πλατύφυλλων	X.K.M	1,35
		1,58

3.5.4 Κόστος Εκφόρτωσης-Ταξινόμησης-Στοιβαξής

Για τις εργασίες εκφόρτωσης, ταξινόμησης και στοιβαξής δασικών προϊόντων οι καθορισμένες τιμές αμοιβής ανά μονάδα προϊόντος υποδεικνύονται στον Πίνακα 3.16.

Πίνακας 3.16 Εκφόρτωση-Ταξινόμηση-Στοιβαξή

	Εργασία	Μονάδα μέτρησης	Τιμή σε €
1	Εκφόρτωση καύσιμου ξύλου (όλων των δασοπονικών ειδών)	X.K.M.	0,88
2	Στοιβαξή καύσιμου ξύλου (όλων των δασοπονικών ειδών)	X.K.M.	0,71
3	Εκφόρτωση και στοιβαξή καύσιμου ξύλου (όλων των δασοπονικών ειδών)	X.K.M.	1,19

3.5.5 Διαμορφωμένο κόστος δασικής βιομάζας

Η διαμόρφωση του κόστους των διαφόρων δασικών εργασιών είναι πολυπαραγοντική με αποτέλεσμα τη δυσκολία καθορισμού ενός σταθερού κόστους. Στον Πίνακα 3.17 ενδεικτικά παρατίθενται διαμορφωμένες τιμές της αγοράς φυσικά με πιθανότητα σφάλματος. Όπου χ.κ.μ. εννοείται χωρικό κυβικό μέτρο.

Πίνακας 3.17 Τιμές κόστους δασικών εργασιών στην αγορά

Κόστος δασικών εργασιών	Τιμή (€/χ.κ.μ.)
Κόστος υλοτομίας	14,1
Κόστος εξωδάσωσης-στοίβαξης	8,82-10,56
Κόστος φόρτωσης	4,2-5,28

Έτσι διαμορφώνεται ένα συνολικό κόστος 27,12- 29,94 €/χ.κ.μ. δηλαδή 54,24-59,88 €/tn σύν τα έξοδα μεταφοράς. (Ο μέσος συντελεστής μετατροπής ξυλείας από χ.κ.μ. σε tn είναι ίσος με 2.) Τελικά η τιμή συμπεριλαμβανομένων και των εξόδων μεταφοράς κυμαίνεται μεταξύ 75,36 €/tn και 81 €/tn.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΓΡΕΒΕΝΩΝ

4.1 Υπολογισμός θερμικού φορτίου πόλης Γρεβενών

4.1.1 Υπολογισμός θερμικών φορτίων πόλης Γρεβενών παρόντος έτους

Η εκτίμηση απωλειών θερμότητας μίας πόλης είναι δύσκολη και όποια μέθοδος και αν χρησιμοποιηθεί θα είναι προσεγγιστική. Οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι αναλυτική προσέγγιση με απογραφικά στοιχεία κάθε κτιρίου και προσεγγιστικές μέθοδοι από τον αριθμό των κατοίκων ή των κτιρίων και μόνον. Είναι προφανές ότι η τελειότερη μέθοδος θα ήταν η λεπτομερής και με ακρίβεια καταγραφή όλων των κτιρίων της πόλης καθώς και των στοιχείων τους (ανοίγματα, κατασκευαστικά στοιχεία, τοιχοποιίες).

Δεδομένης της δυσκολίας εφαρμογής της παραπάνω μεθόδου καθίσταται απαγορευτική η χρήση της στην παρούσα μελέτη. Αντί αυτής της μεθόδου γίνεται χρήση προσεγγιστικής μεθόδου που δίδει αποτελέσματα ικανοποιητικά σε περιπτώσεις μεγάλων μεγθών όπως είναι μια ολόκληρη πόλη. Φυσικά στους υπολογισμούς υπεισέρχεται και ο παράγοντας σφάλματος εφόσον είναι άγνωστο αν τα κτίρια αυτά κατοικούνται στο σύνολό τους ενώ το ποσοστό κάλυψης από κενούς χώρους έχει ληφθεί κάνοντας παραδοχή.

Από στοιχεία της διεύθυνσης πολεοδομίας Γρεβενών λαμβάνεται το τωρινό συνολικό εμβαδό του σχεδίου πόλης ίσο με 670.000 m². Το εμβαδό αυτό εμπεριέχει και κενούς χώρους (δρόμους, πλατείες, πάρκα, κλπ). Στους κενούς χώρους συμπεριλαμβάνεται και ο αριθμός των διαμερισμάτων που παραμένουν ακατοίκητα. Κάνοντας την παραδοχή ότι το 25% καλύπτεται από κενούς χώρους, το εμβαδό το οποίο καλύπτεται από κτίρια είναι 502.500 m². Οι συντελεστές δόμησης για το τρέχον σχέδιο πόλης είναι 3, 2,2 και 1 για τους τρεις τομείς στους οποίους είναι χωρισμένη η πόλη. Έχει υπολογισθεί ένας μέσος όρος, ο οποίος είναι 2,066666667. Έτσι, το δομημένο εμβαδό προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το εμβαδό με τον συντελεστή δόμησης δηλαδή 1.038.500 m².

Ο συντελεστής ζήτησης θερμικού φορτίου αιχμής για την πόλη των Γρεβενών έχει ληφθεί $21 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}}$. Υποθέτοντας μέσο ύψος ορόφου 3 m υπολογίζεται ο δομημένος όγκος που είναι 3.115.500 m³. Σύμφωνα με την παραπάνω παραδοχή το φορτίο

αιχμής υπολογίζεται $3.115.500 \text{ m}^3 \cdot 21 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}} = 65.425.500 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$ δηλαδή **76.091,22**

KW. Από το μέγιστο αυτό φορτίο αιχμής, σύμφωνα με το συντελεστή ετεροχρονισμού που για μια πόλη μεγέθους της τάξης των Γρεβενών λαμβάνεται 0,7 προκύπτει ότι το μέγιστο ετεροχρονισμένο θερμικό φορτίο αιχμής είναι **53.263,85 KW**.

Το εμβαδό του νέου σχεδίου πόλης σύμφωνα με τα στοιχεία της διεύθυνσης πολεοδομίας Γρεβενών θα είναι 3.000.000 m². Κάνοντας την παραδοχή ότι το 80% θα καλύπτεται από κενούς χώρους για τα 20 χρόνια που έχει γίνει η εκτίμηση της μελέτης, το εμβαδό που προκύπτει να καλύπτεται από κτίρια είναι 600.000 m². Οι συντελεστές δόμησης για το νέο σχέδιο πόλης είναι 0,6, 0,7 και 0,8 για τους τρεις τομείς που εμπεριέχει το νέο σχέδιο πόλης. Έχει υπολογισθεί ο μέσος όρος των συντελεστών δόμησης, ο οποίος είναι 0,7. Επομένως το δομημένο εμβαδό προκύπτει 420.000 m². Ο δομημένος όγκος υπολογίζεται 1.260.000,00 m³ ενώ το φορτίο

$26.460.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$ δηλαδή **30.773,53 KW**. Το μέγιστο ετεροχρονισμένο θερμικό φορτίο της πόλης προκύπτει **21.541,47 KW**.

4.1.2 Υπολογισμός θερμικών φορτίων για περίοδο 20 ετών

Με βάση το θερμικό φορτίο που έχει υπολογιστεί, υπολογίζεται στη συνέχεια το θερμικό φορτίο αιχμής της πόλης των Γρεβενών για το χρονικό ορίζοντα 20 ετών, οπότε θα έχει επέλθει κάλυψη του 90% των υφισταμένων κτιρίων και όλων των νέων κτιρίων. Η κάλυψη επέρχεται τον 11^ο χρόνο.

Η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου (επιδιωκόμενο επίπεδο άνεσης) είναι 20°C. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ελήφθη -8°C. Έτσι η διαφορά Δt, θερμοκρασίας εσωτερικού κτιρίων – περιβάλλοντος προκύπτει Δt = 28°C.

Για το πρώτο έτος λειτουργίας προβλέπεται η σύνδεση στο δίκτυο τηλεθέρμανσης του 25% των υφισταμένων κτιρίων. Για τα επόμενα χρόνια πρέπει να συνδέονται στο δίκτυο σταδιακά (6,5% ανά έτος) τα υπόλοιπα υφιστάμενα κτίρια μέχρι του ποσοστού του 90% κ' επιπροσθέτως όλες οι νέες οικοδομές οι οποίες έχουν υπολογιστεί από το σχέδιο επέκτασης της πόλης, ώστε στο 20^ο έτος να έχει καλυφθεί το 90% των υφισταμένων σήμερα κτιρίων και όλα τα νέα μέχρι τότε κτίρια.

Για τα νέα κτίρια έχει υπολογισθεί το συνολικό τους θερμικό φορτίο αιχμής το οποίο είναι 21.541,47 KW. Κάνοντας την υπόθεση ότι ο ρυθμός ανάπτυξης της πόλης είναι σταθερός, υπολογίζεται ένα σταθερό θερμικό φορτίο αύξησης το οποίο προστίθεται κάθε έτος. Αυτό είναι 1077,074 KW.

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει ο Πίνακας 4.1 ο οποίος δείχνει τις θερμικές απώλειες των συνολικών υφισταμένων κτιρίων, των υφισταμένων κτιρίων σε σύνδεση με τηλεθέρμανση και των νέων κτιρίων που προστίθενται στην πόλη με σταθερό ρυθμό αύξησης σε χρονικό ορίζοντα 20 ετών.

Πίνακας 4.1 Θερμικές απώλειες σε KW υφισταμένων κτιρίων, υφισταμένων κτιρίων σε σύνδεση με τηλεθέρμανση και νέων κτιρίων σε χρονικό ορίζοντα 20 ετών

Έτος	Θερμικές Απώλειες Αιχμής Υφιστάμενων Κτιρίων	Θερμικές Απώλειες αιχμής Υφιστάμενων Κτιρίων σε Σύνδεση με Τηλεθέρμανση	Θερμικές Απώλειες αιχμής Νέων Κτιρίων	Συνολικές Θερμικές Απώλειες αιχμής σε σύνδεση με τηλεθέρμανση	Συνολικές Θερμικές Απώλειες αιχμής
1	53.263,85	13.315,96	1.077,07	14.393,04	54.340,93
2	53.263,85	16.778,11	2.154,15	18.932,26	55.418,00
3	53.263,85	20.240,26	3.231,22	23.471,48	56.495,07
4	53.263,85	23.702,41	4.308,29	28.010,71	57.572,15
5	53.263,85	27.164,56	5.385,37	32.549,93	58.649,22
6	53.263,85	30.626,71	6.462,44	37.089,16	59.726,29
7	53.263,85	34.088,87	7.539,51	41.628,38	60.803,37
8	53.263,85	37.551,02	8.616,59	46.167,60	61.880,44
9	53.263,85	41.013,17	9.693,66	50.706,83	62.957,51
10	53.263,85	44.475,32	10.770,74	55.246,05	64.034,59
11	53.263,85	47.937,47	11.847,81	59.785,28	65.111,66
12	53.263,85	47.937,47	12.924,88	60.862,35	66.188,73
13	53.263,85	47.937,47	14.001,96	61.939,42	67.265,81
14	53.263,85	47.937,47	15.079,03	63.016,50	68.342,88
15	53.263,85	47.937,47	16.156,10	64.093,57	69.419,96
16	53.263,85	47.937,47	17.233,18	65.170,64	70.497,03
17	53.263,85	47.937,47	18.310,25	66.247,72	71.574,10
18	53.263,85	47.937,47	19.387,32	67.324,79	72.651,18
19	53.263,85	47.937,47	20.464,40	68.401,86	73.728,25
20	53.263,85	47.937,47	21.541,47	69.478,94	74.805,32

4.2 Υπολογισμός καμπυλών θερμικών φορτίων Γρεβενών

4.2.1 Θεωρητικά στοιχεία

Η εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων της πόλης των Γρεβενών γίνεται με τη μέθοδο των βαθμομερών θέρμανσης.

Το ποσό της θερμότητας Q που απαιτείται για τη θέρμανση των κτιρίων κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, εξαρτάται από τη θερμοκρασιακή διαφορά ($T - T_{\text{mean}}$) όπου T = επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου και T_{mean} = η μέση ημερήσια θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος.

Εξαρτάται ακόμα από τις ειδικές θερμικές απώλειες q των κτιρίων, δηλαδή το ποσό θερμότητας ανά βαθμό θερμοκρασιακής διαφοράς και ημέρας λειτουργίας.

Αν z είναι το πλήθος των ημερών του έτους κατά τις οποίες η εγκατάσταση θέρμανσης βρίσκεται σε λειτουργία τότε ισχύει η σχέση

$$Q = q (T - T_{\text{mean}}) z$$

Το μέγεθος $(T - T_{\text{mean}}) z$ είναι οι βαθμοημέρες θέρμανσης. Η μεταβολή της θερμοκρασίας T_{mean} (η μέση θερμοκρασία ημέρας), η οποία είναι ο μέσος αριθμητικός όρος όλων των μέσων ημερησίων θερμοκρασιών T_m της ίδιας μέρας μπορεί να προσεγγιστεί σύμφωνα με τον τύπο :

$$T_{\text{mean}}(D) = A_{\text{mean}} + B_{\text{mean}} \sin\left(\frac{360}{365}D - F_{\text{mean}}\right)$$

Όπου:

A_{mean} η μέση ετήσια θερμοκρασία °C

B_{mean} το πλάτος της ετήσιας θερμοκρασιακής μεταβολής °C

F_{mean} η διαφορά φάσης σε μοίρες (ή σε ημέρες αν πολλαπλασιαστεί επί τον παράγοντα 365/360)

D η ημέρα του έτους (D=1 ως 365)

4.2.2 Υπολογισμός μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας T_{mean} Γρεβενών

Για τον υπολογισμό της T_{mean} της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας των Γρεβενών λόγω έλλειψης στοιχείων χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές A_{mean} , B_{mean} , F_{mean} οι οποίοι προέκυψαν με γραμμική παρεμβολή από τους αντίστοιχους συντελεστές των Τρικάλων και της Κοζάνης μεταξύ των οποίων βρίσκεται η πόλη των Γρεβενών. Τα στοιχεία αυτά έχουν ληφθεί από το βιβλίο **Θερμοκρασιακά Χαρακτηριστικά 35 Ελληνικών Πόλεων, Δ.Α Κουρεμένου-Κ.Α. Αντωνόπουλου.**

Οι συντελεστές που αφορούν στα Τρίκαλα είναι

$$A_{\text{mean}}=15,881$$

$$B_{\text{mean}}=-8,939$$

$$F_{\text{mean}}=-68,349$$

Οι συντελεστές που αφορούν στην Κοζάνη είναι

$$A_{\text{mean}}=12,345$$

$$B_{\text{mean}}=-10,161$$

$$F_{\text{mean}}=-67,482$$

Έτσι προκύπτουν οι συντελεστές των Γρεβενών

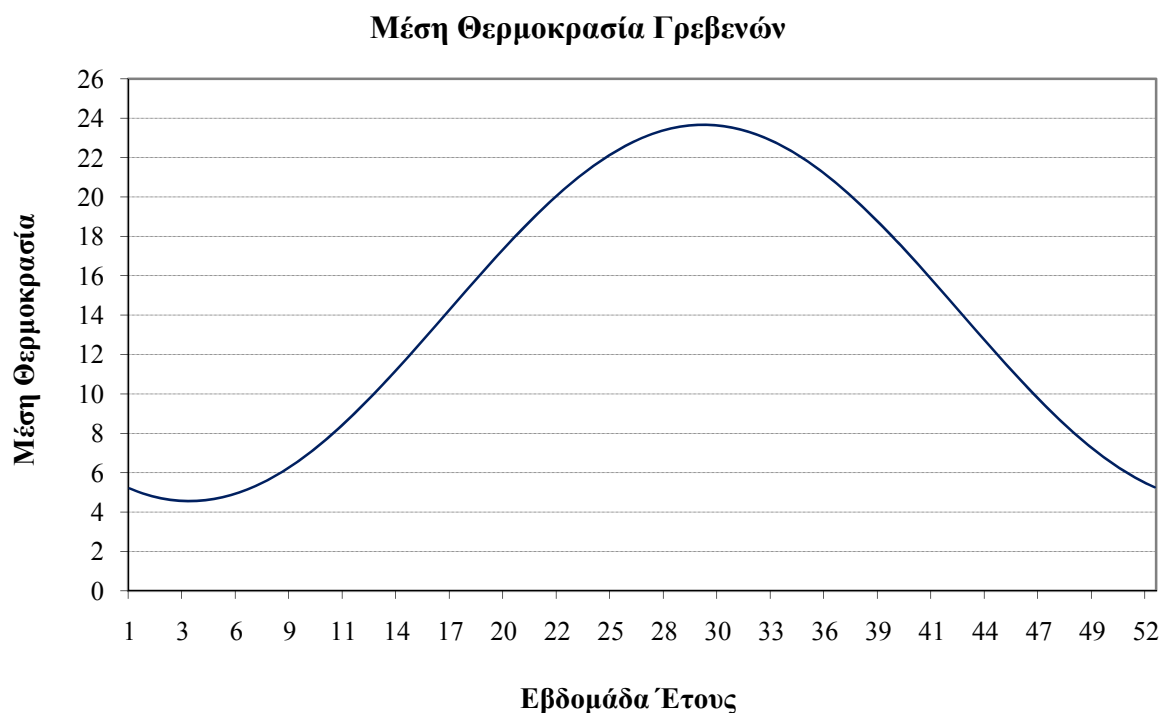
$$A_{\text{mean}} = 14,113$$

$$B_{\text{mean}} = -9,55$$

$$F_{\text{mean}} = -67,9155$$

Προκύπτει έτσι το Διάγραμμα 4.1 της ετήσιας μεταβολής της $T_{\text{mean-mean}}$ της πόλης των Γρεβενών.

Διάγραμμα 4.1 Διάγραμμα Μέσης Θερμοκρασίας Γρεβενών



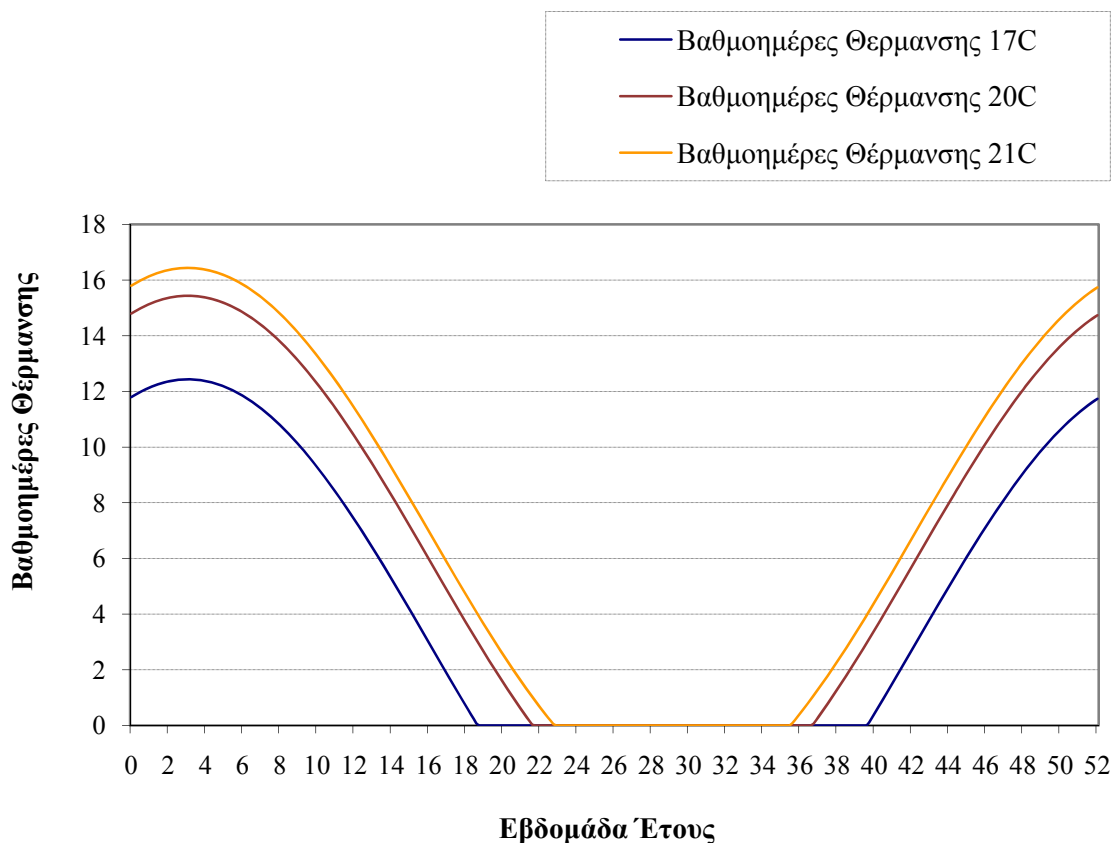
4.2.3 Υπολογισμός βαθμομερών θέρμανσης της πόλης των Γρεβενών

Ο υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης για τα Γρεβενά έγινε για θερμοκρασίες εσωτερικών χώρων 17°C , 20°C και 21°C , αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα I που επισυνάπτεται στο Παράρτημα και στο Διάγραμμα 4.2.

Τα σύνολα των βαθμομερών για 17°C , 20°C και 21°C είναι αντίστοιχα 1.687,53, 2.402,35 και 2.670,05.

Διάγραμμα 4.2 Διάγραμμα Βαθμομερών Θέρμανσης πόλης Γρεβενών για θερμοκρασία εσωτερικού χώρου 17°C, 20°C, 21°C

Βαθμομέρες Θέρμανσης Γρεβενών



4.2.4 Απαιτούμενη θερμική ενέργεια και προσφερόμενη θερμική ενέργεια από την τηλεθέρμανση

Η απαιτούμενη Θερμική Ενέργεια για την πόλη των Γρεβενών προκύπτει από τη σχέση :

$$Q = q \cdot (T - T_{\text{mean}}) \cdot z$$

Όπου $(T - T_{\text{mean}}) \cdot z$ είναι οι βαθμομέρες θέρμανσης και q ειδικές θερμικές απώλειες των κτιρίων, δηλαδή το ποσό θερμότητας ανά βαθμό θερμοκρασιακής διαφοράς και ημέρας λειτουργίας.

Οι ειδικές θερμικές απώλειες προκύπτουν ως: $q = \frac{Q}{\Delta t}$.

Η επιλεγμένη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι 20°C επομένως το σύνολο των βαθμομερών θέρμανσης που αντιστοιχούν σε αυτή τη θερμοκρασία είναι 2.402,345948 .

Στον Πίνακα 4.2 φαίνεται η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση των υφισταμένων κτιρίων των Γρεβενών, η απαιτούμενη ενέργεια υφισταμένων κτιρίων σε σύνδεση με το δίκτυο τηλεθέρμανσης, η απαιτούμενη ενέργεια των νέων κτιρίων, η απαιτούμενη συνολικά ενέργεια, η απαιτούμενη θερμική ενέργεια από την

τηλεθέρμανση και το ποσοστό κάλυψης των θερμικών αναγκών από την τηλεθέρμανση. Η ενέργεια αυτή έχει υπολογιστεί για χρονικό ορίζοντα 20 ετών.

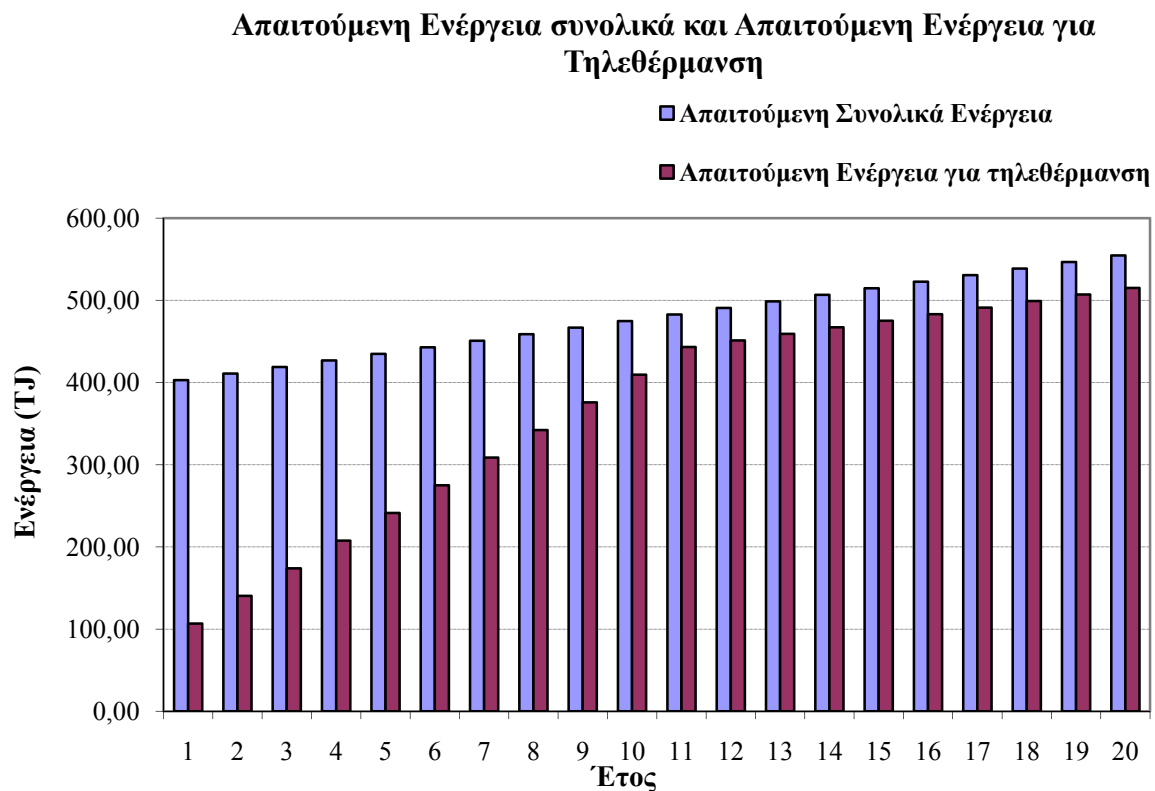
Πίνακας 4.2 Απαιτούμενη ενέργεια

Έτος	Απαιτούμενη Ενέργεια Υφιστάμενων Κτιρίων (TJ)	Απαιτούμενη Ενέργεια Υφιστάμενων Κτιρίων σε Σύνδεση με Τηλεθέρμανση (TJ)	Απαιτούμενη Ενέργεια Νέων Κτιρίων (TJ)	Απαιτούμενη Ενέργεια Συνολικά (TJ)	Απαιτούμενη Ενέργεια από Τηλεθέρμανση (TJ)	Ποσοστό κάλυψης από τηλεθέρμανση (%)
1	394,84	98,71	7,98	402,83	106,69	26,49
2	394,84	124,38	15,97	410,81	140,34	34,16
3	394,84	150,04	23,95	418,80	173,99	41,55
4	394,84	175,70	31,94	426,78	207,64	48,65
5	394,84	201,37	39,92	434,76	241,29	55,50
6	394,84	227,03	47,91	442,75	274,94	62,10
7	394,84	252,70	55,89	450,73	308,59	68,46
8	394,84	278,36	63,87	458,72	342,24	74,61
9	394,84	304,03	71,86	466,70	375,89	80,54
10	394,84	329,69	79,84	474,69	409,54	86,28
11	394,84	355,36	87,83	482,67	443,19	91,82
12	394,84	355,36	95,81	490,65	451,17	91,95
13	394,84	355,36	103,80	498,64	459,15	92,08
14	394,84	355,36	111,78	506,62	467,14	92,21
15	394,84	355,36	119,76	514,61	475,12	92,33
16	394,84	355,36	127,75	522,59	483,11	92,44
17	394,84	355,36	135,73	530,58	491,09	92,56
18	394,84	355,36	143,72	538,56	499,08	92,67
19	394,84	355,36	151,70	546,54	507,06	92,78
20	394,84	355,36	159,69	554,53	515,04	92,88

Παρατηρείται ότι τον 20ο χρόνο η επιδίωξη κάλυψης του δικτύου της τηλεθέρμανσης είναι 92,88% έχοντας καλύψει τις θερμικές ανάγκες του 90% των υφισταμένων κτιρίων και του 100% των νέων κτιρίων. Ωστόσο, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι ο σχεδιασμός του δικτύου της τηλεθέρμανσης δεν έχει γίνει σύμφωνα με τις διαθέσιμες ποσότητες δασικής βιομάζας. Αυτές δηλαδή είναι οι συνολικές θερμικές ανάγκες της πόλης χωρίς να είναι βέβαιο ότι αυτές μπορούν να καλυφθούν από τις υπάρχουσες ποσότητες βιομάζας.

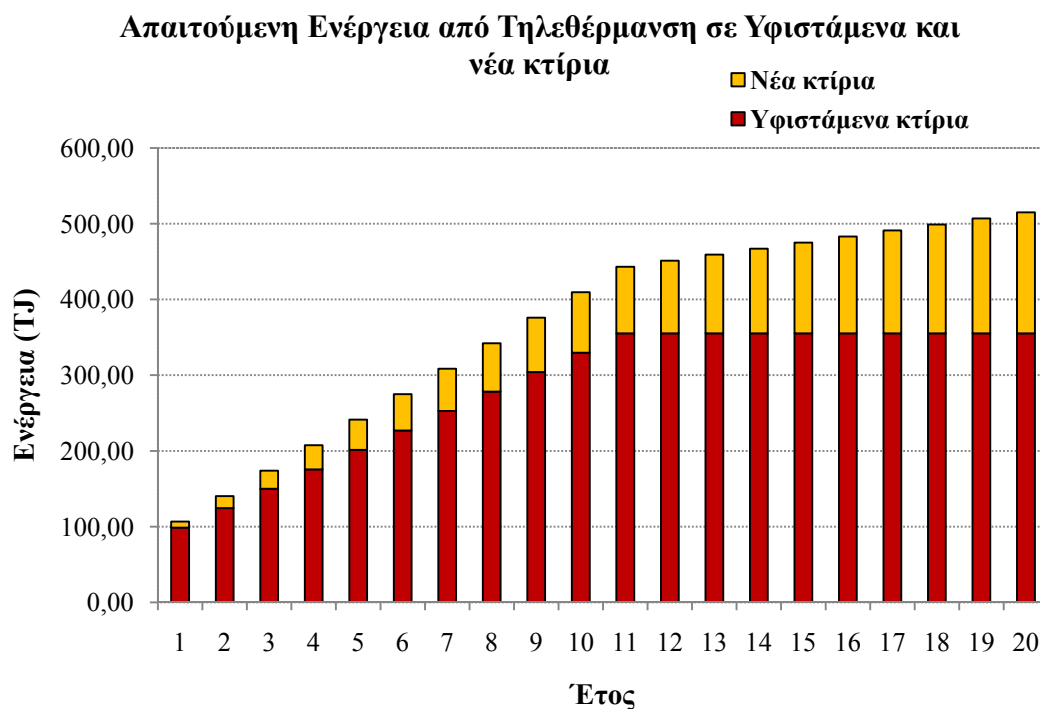
Στο Διάγραμμα 4.3 φαίνεται η απαιτούμενη συνολικά θερμική ενέργεια και η απαιτούμενη ενέργεια η οποία πρέπει να καλύπτεται από το δίκτυο της τηλεθέρμανσης σε χρονικό ορίζοντα 20 ετών.

Διάγραμμα 4.3 Απαιτούμενη Συνολικά Θερμική Ενέργεια και Απαιτούμενη Ενέργεια από το δίκτυο της τηλεθέρμανσης



Στο Διάγραμμα 4.4 φαίνεται η απαιτούμενη ενέργεια για τηλεθέρμανση για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των υφισταμένων κτιρίων και των νέων κτιρίων που προστίθενται στην πόλη σύμφωνα με το νέο σχέδιο πόλης της Πολεοδομίας Γρεβενών.

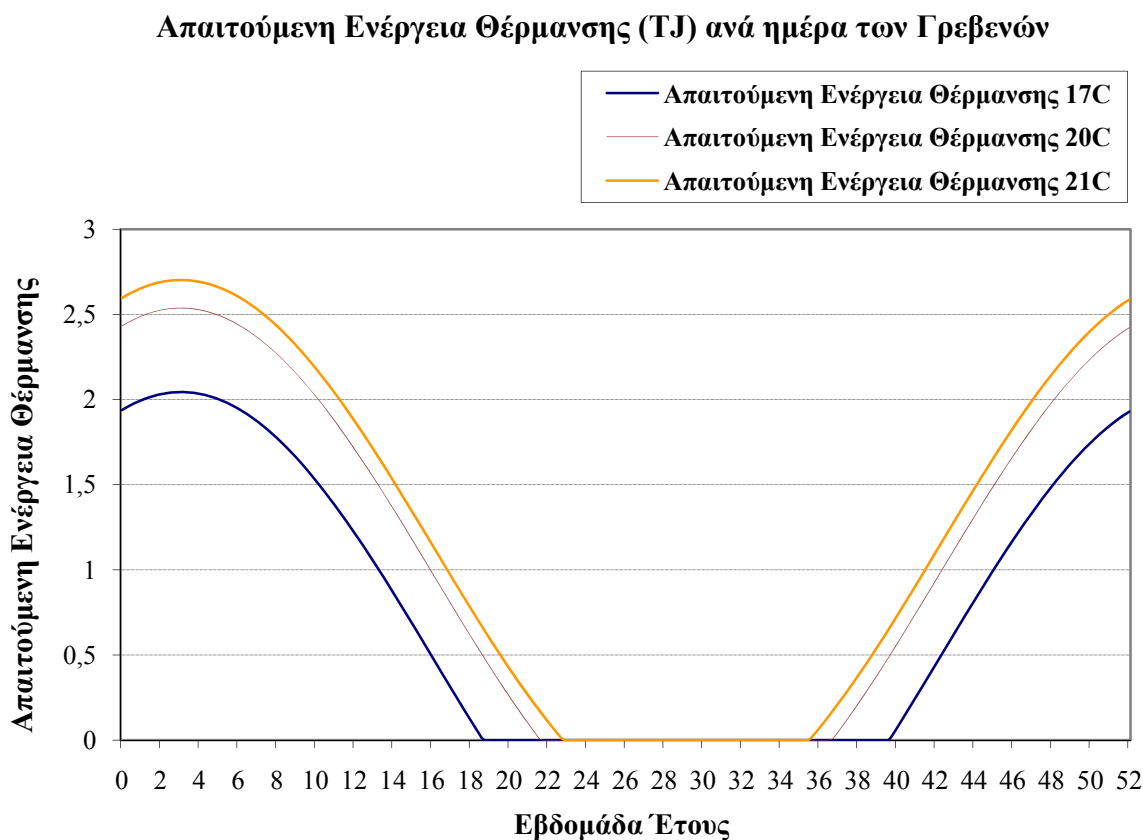
Διάγραμμα 4.4 Απαιτούμενη ενέργεια από το δίκτυο της τηλεθέρμανσης για τα υφιστάμενα και τα νέα κτίρια



4.2.5 Απαιτούμενη Ενέργεια Γρεβενών ανά ημέρα

Το Διάγραμμα 4.5 δείχνει την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης της πόλης των Γρεβενών ανά ημέρα για θερμοκρασίες εσωτερικού χώρου 17°C, 20°C και 21°C. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών επισυνάπτονται στο Παράρτημα στον Πίνακα II.

Διάγραμμα 4.5 Απαιτούμενη Ενέργεια Θέρμανσης ανά ημέρα των Γρεβενών



4.3 Σύγκριση θερμικού φορτίου με την ενεργειακή απόδοση της διαθέσιμης δασικής βιομάζας

Η ποσότητα της διαθέσιμης δασικής βιομάζας στο νομό Γρεβενών είναι 13389,625 m³ δηλαδή 6560,916 tn. Λαμβάνοντας ως εκτίμηση για τη θερμογόνο ικανότητα του ξύλου τη μέση τιμή 17 MJ/kgf το ενεργειακό περιεχόμενο της δασικής βιομάζας υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη θερμογόνο ικανότητα επί την ποσότητα της δασικής βιομάζας σε kgf και προκύπτει 111.535.576 MJ δηλαδή 111,5355763 TJ. Συγκρίνοντας το ενεργειακό περιεχόμενο της δασικής βιομάζας με την απαιτούμενη ενέργεια ελέγχεται αν οι ποσότητες της διαθέσιμης βιομάζας επαρκούν για την κάλυψη των συνολικών θερμικών αναγκών της πόλης. Ο λέβητας βιομάζας έχει βαθμό απόδοσης 0,80, επομένως το ενεργειακό περιεχόμενο που θα συγκριθεί είναι 89,228461 TJ.

4.3.1 Σενάριο κάλυψης συνολικών θερμικών αναγκών (Κάλυψη 100% θερμικών αναγκών υφισταμένων κτιρίων και 100% θερμικών αναγκών νέων κτιρίων)

Ο Πίνακας 4.3, ο οποίος συγκρίνει το ενεργειακό περιεχόμενο της διαθέσιμης βιομάζας ανά έτος με την απαιτούμενη ενέργεια ανά έτος, δείχνει ότι οι ποσότητες δεν επαρκούν για τη συνολική κάλυψη των θερμικών αναγκών της πόλης. Η ετήσια ποσότητα βιομάζας είναι 6561 tn. Υπολογίζεται το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας και συγκρίνεται με την απαιτούμενη ενέργεια. Έπειτα υπολογίζεται η ποσότητα της βιομάζας που θα έπρεπε να είναι διαθέσιμη για την κάλυψη της

απαιτούμενης ενέργειας. Αυτή η ποσότητα αφαιρείται από την υφιστάμενα διαθέσιμη και προκύπτει το υπόλοιπο της δασικής βιομάζας το οποίο αναμενόμενα προκύπτει αρνητικό εφόσον η ποσότητα δεν επαρκεί. Στη συνέχεια το υπόλοιπο της δασικής βιομάζας προστίθεται στη διαθέσιμη βιομάζα του 2^{ου} χρόνου και ακολουθείται η ίδια διαδικασία για τα 20 χρόνια.

Πίνακας 4.3 Υπολογισμός ποσότητας δασικής βιομάζας για κάλυψη συνολικής απαιτούμενης ενέργειας

Έτος	Ποσότητα δασικής βιομάζας (m ³)	Ποσότητα δασικής βιομάζας (tn)	Ενεργειακό Περιεχόμενο διαθέσιμης βιομάζας (TJ)	Απαιτούμενη Ενέργεια Συνολικά (TJ)	Ποσότητα δασικής βιομάζας για κάλυψη απαιτούμενης ενέργειας (tn)	Ποσότητα δασικής βιομάζας που υπολείπεται για την κάλυψη (tn)
1	13.389,63	6.560,92	89,23	402,83	29.619,61	-23.058,70
2		-16.497,78	-224,37	410,81	30.206,69	-46.704,47
3		-40.143,56	-545,95	418,80	30.793,77	-70.937,33
4		-64.376,42	-875,52	426,78	31.380,85	-95.757,27
5		-89.196,36	-1.213,07	434,76	31.967,94	-121.164,29
6		-114.603,37	-1.558,61	442,75	32.555,02	-147.158,39
7		-140.597,47	-1.912,13	450,73	33.142,10	-173.739,57
8		-167.178,65	-2.273,63	458,72	33.729,18	-200.907,83
9		-194.346,92	-2.643,12	466,70	34.316,26	-228.663,17
10		-222.102,26	-3.020,59	474,69	34.903,34	-257.005,60
11		-250.444,68	-3.406,05	482,67	35.490,42	-285.935,10
12		-279.374,18	-3.799,49	490,65	36.077,50	-315.451,68
13		-308.890,77	-4.200,91	498,64	36.664,58	-345.555,35
14		-338.994,43	-4.610,32	506,62	37.251,66	-376.246,09
15		-369.685,17	-5.027,72	514,61	37.838,74	-407.523,92
16		-400.963,00	-5.453,10	522,59	38.425,82	-439.388,82
17		-432.827,91	-5.886,46	530,58	39.012,90	-471.840,81
18		-465.279,89	-6.327,81	538,56	39.599,98	-504.879,87
19		-498.318,96	-6.777,14	546,54	40.187,06	-538.506,02
20		-531.945,11	-7.234,45	554,53	40.774,14	-572.719,25

Ο Πίνακας 4.4 δείχνει τα ετήσια ποσοστά της ενεργειακής κάλυψης από δασική βιομάζα και την ενέργεια που πρέπει να ικανοποιηθεί από λέβητες κάποιας άλλης μορφής βιομάζας για παράδειγμα γεωργικής ή από λέβητες συμβατικού καυσίμου.

Πίνακας 4.4 Ποσοστό Ενεργειακής κάλυψης, ενεργειακό περιεχόμενο, απαιτούμενη ενέργεια και η ζήτηση θερμικού φορτίου που απομένει να καλυφθεί

Έτος	Ποσότητα δασικής βιομάζας (tn)	Ενεργειακό Περιεχόμενο διαθέσιμης βιομάζας (TJ)	Απαιτούμενη ενεργεία συνολικά (TJ)	Ενεργεία που δεν καλύπτεται από βιομάζα (TJ)	Ποσοστό κάλυψης από βιομάζα (%)
1	6.560,92	89,23	402,83	313,60	22,15
2	6.560,92	89,23	410,81	321,58	21,72
3	6.560,92	89,23	418,80	329,57	21,31
4	6.560,92	89,23	426,78	337,55	20,91
5	6.560,92	89,23	434,76	345,54	20,52
6	6.560,92	89,23	442,75	353,52	20,15
7	6.560,92	89,23	450,73	361,50	19,80
8	6.560,92	89,23	458,72	369,49	19,45
9	6.560,92	89,23	466,70	377,47	19,12
10	6.560,92	89,23	474,69	385,46	18,80
11	6.560,92	89,23	482,67	393,44	18,49
12	6.560,92	89,23	490,65	401,43	18,19
13	6.560,92	89,23	498,64	409,41	17,89
14	6.560,92	89,23	506,62	417,39	17,61
15	6.560,92	89,23	514,61	425,38	17,34
16	6.560,92	89,23	522,59	433,36	17,07
17	6.560,92	89,23	530,58	441,35	16,82
18	6.560,92	89,23	538,56	449,33	16,57
19	6.560,92	89,23	546,54	457,32	16,33
20	6.560,92	89,23	554,53	465,30	16,09

4.3.2 Σενάριο κάλυψης απαιτούμενης ενέργειας για τηλεθέρμανση (Κάλυψη 90% θερμικών αναγκών υφισταμένων κτιρίων και 100% θερμικών αναγκών νέων κτιρίων)

Εφόσον το σενάριο της συνολικής κάλυψης των θερμικών αναγκών της πόλης αξιοποιώντας τη δασική βιομάζα απέτυχε, η επόμενη περίπτωση που θα εξεταστεί είναι η επάρκεια της δασικής βιομάζας για την ενεργειακή κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας που πρέπει να προσφέρεται στο δίκτυο της τηλεθέρμανσης. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία και προκύπτει ο Πίνακας 4.5.

Πίνακας 4.5 Υπολογισμός δασικής βιομάζας για κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας για τηλεθέρμανση

Έτος	Ποσότητα δασικής βιομάζας (tn)	Ενεργειακό Περιεχόμενο διαθέσιμης βιομάζας (TJ)	Απαιτούμενη Ενέργεια από Τηλεθέρμανση (TJ)	Ποσότητα δασικής βιομάζας για κάλυψη απαιτούμενης ενέργειας (tn)	Ποσότητα δασικής βιομάζας που υπολείπεται για την κάλυψη (tn)
1	6.560,92	89,23	106,69	7.845,21	-1.284,30
2	5.276,62	71,76	140,34	10.319,41	-5.042,79
3	1.518,13	20,65	173,99	12.793,60	-11.275,48
4	-4.714,56	-64,12	207,64	15.267,80	-19.982,36
5	-13.421,44	-182,53	241,29	17.741,99	-31.163,44
6	-24.602,52	-334,59	274,94	20.216,19	-44.818,71
7	-38.257,80	-520,31	308,59	22.690,38	-60.948,18
8	-54.387,27	-739,67	342,24	25.164,58	-79.551,85
9	-72.990,93	-992,68	375,89	27.638,78	-100.629,70
10	-94.068,79	-1.279,34	409,54	30.112,97	-124.181,76
11	-117.620,84	-1.599,64	443,19	32.587,17	-150.208,01
12	-143.647,09	-1.953,60	451,17	33.174,25	-176.821,34
13	-170.260,42	-2.315,54	459,15	33.761,33	-204.021,75
14	-197.460,83	-2.685,47	467,14	34.348,41	-231.809,24
15	-225.248,32	-3.063,38	475,12	34.935,49	-260.183,81
16	-253.622,90	-3.449,27	483,11	35.522,57	-289.145,47
17	-282.584,55	-3.843,15	491,09	36.109,65	-318.694,20
18	-312.133,28	-4.245,01	499,08	36.696,73	-348.830,01
19	-342.269,10	-4.654,86	507,06	37.283,81	-379.552,91
20	-372.991,99	-5.072,69	515,04	37.870,89	-410.862,88

Από τον Πίνακα 4.5 διαπιστώνεται ότι οι ποσότητες δασικής βιομάζας δεν επαρκούν για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του συστήματος τηλεθέρμανσης.

Στον Πίνακα 4.6 φαίνεται το ποσοστό κάλυψης της απαιτούμενης ενέργειας για τηλεθέρμανση από τη δασική βιομάζα.

Πίνακας 4.6 Ποσοστό Ενεργειακής κάλυψης από δασική βιομάζα

Έτος	Ποσότητα δασικής βιομάζας (tn)	Ενεργειακό Περιεχόμενο διαθέσιμης βιομάζας (TJ)	Απαιτούμενη Ενέργεια από Τηλεθέρμανση (TJ)	Ενεργεία που δεν καλύπτεται από βιομάζα (TJ)	Ποσοστό κάλυψης από βιομάζα (%)
1	6.560,92	89,23	106,69	17,47	83,63
2	6.560,92	89,23	140,34	51,12	63,58
3	6.560,92	89,23	173,99	84,76	51,28
4	6.560,92	89,23	207,64	118,41	42,97
5	6.560,92	89,23	241,29	152,06	36,98
6	6.560,92	89,23	274,94	185,71	32,45
7	6.560,92	89,23	308,59	219,36	28,91
8	6.560,92	89,23	342,24	253,01	26,07
9	6.560,92	89,23	375,89	286,66	23,74
10	6.560,92	89,23	409,54	320,31	21,79
11	6.560,92	89,23	443,19	353,96	20,13
12	6.560,92	89,23	451,17	361,94	19,78
13	6.560,92	89,23	459,15	369,93	19,43
14	6.560,92	89,23	467,14	377,91	19,10
15	6.560,92	89,23	475,12	385,89	18,78
16	6.560,92	89,23	483,11	393,88	18,47
17	6.560,92	89,23	491,09	401,86	18,17
18	6.560,92	89,23	499,08	409,85	17,88
19	6.560,92	89,23	507,06	417,83	17,60
20	6.560,92	89,23	515,04	425,82	17,32

4.3.3 Σενάριο κάλυψης αναγκών τηλεθέρμανσης νέων κτιρίων

Η τρίτη περίπτωση που θα εξεταστεί είναι η επάρκεια των ποσοτήτων δασικής βιομάζας για την τηλεθέρμανση των νέων κτιρίων. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7 Υπολογισμός ποσότητας δασικής βιομάζας για τηλεθέρμανση νέων κτιρίων

Έτος	Ποσότητα δασικής βιομάζας (tn)	Ενεργειακό Περιεχόμενο διαθέσιμης βιομάζας (TJ)	Απαιτούμενη ενέργεια για νέα κτίρια (TJ)	Ποσότητα δασικής βιομάζας για κάλυψη απαιτούμενης ενέργειας (tn)	Υπόλοιπο δασικής βιομάζας (tn)
1	6.560,92	89,23	7,98	587,08	5.973,84
2	12.534,75	170,47	15,97	1.174,16	11.360,59
3	17.921,51	243,73	23,95	1.761,24	16.160,27
4	22.721,18	309,01	31,94	2.348,32	20.372,86
5	26.933,78	366,30	39,92	2.935,40	23.998,37
6	30.559,29	415,61	47,91	3.522,48	27.036,81
7	33.597,72	456,93	55,89	4.109,56	29.488,16
8	36.049,07	490,27	63,87	4.696,64	31.352,43
9	37.913,35	515,62	71,86	5.283,73	32.629,62
10	39.190,54	532,99	79,84	5.870,81	33.319,73
11	39.880,65	542,38	87,83	6.457,89	33.422,76
12	39.983,68	543,78	95,81	7.044,97	32.938,71
13	39.499,63	537,19	103,80	7.632,05	31.867,58
14	38.428,49	522,63	111,78	8.219,13	30.209,37
15	36.770,28	500,08	119,76	8.806,21	27.964,07
16	34.524,99	469,54	127,75	9.393,29	25.131,70
17	31.692,62	431,02	135,73	9.980,37	21.712,25
18	28.273,16	384,52	143,72	10.567,45	17.705,71
19	24.266,63	330,03	151,70	11.154,53	13.112,10
20	19.673,01	267,55	159,69	11.741,61	7.931,40

Απ' τον Πίνακα 4.7 διαπιστώνεται ότι η ποσότητα δασικής βιομάζας επαρκεί για το σχεδιασμό της τηλεθέρμανσης για τα νέα κτίρια στο χρονικό ορίζοντα των 20 χρόνων, επομένως το τρίτο σενάριο είναι εφικτό. Παρατηρείται επίσης ότι απομένει ποσότητα δασικής βιομάζας 7.931,4 tn.

4.4 Περιγραφή των εγκαταστάσεων παραγωγής και διανομής

Η Τηλεθέρμανση της πόλης των Γρεβενών αποτελείται από το τη μονάδα παραγωγής θερμικής ενέργειας, το σύστημα μεταφοράς θερμικής ενέργειας, το σύστημα διανομής θερμικής ενέργειας.

Ως φορέας μεταφοράς θερμικής ενέργειας έχει επιλεγεί το υπέρθερμο νερό. Η ονομαστική θερμοκρασία προσαγωγής του νερού είναι 100° C ενώ η ονομαστική θερμοκρασία επιστροφής είναι 60° C. Το θερμό νερό μέσω του δικτύου σωληνώσεων μεταφοράς και διανομής μεταφέρεται στην πόλη και διανέμεται στα κτίρια. Η θέρμανση των κτιρίων γίνεται μέσω τοπικών εναλλακτών (σταθμοί καταναλωτών) που εγκαθίστανται στα κτίρια.

Στο νερό της Τηλεθέρμανσης γίνεται αυτόματη έγχυση υδραζίνης για τη διατήρηση του επιπέδου συγκέντρωσης υδραζίνης στο δίκτυο νερού τηλεθέρμανσης σε 10 ppm.

Η προσθήκη της υδραζίνης γίνεται για τη δέσμευση του ελεύθερου οξυγόνου στο νερό της Τηλεθέρμανσης με αποτέλεσμα την αντιδιαβρωτική προστασία των δικτύων αλλά και για την παθητικοποίηση των μεταλλικών επιφανειών.

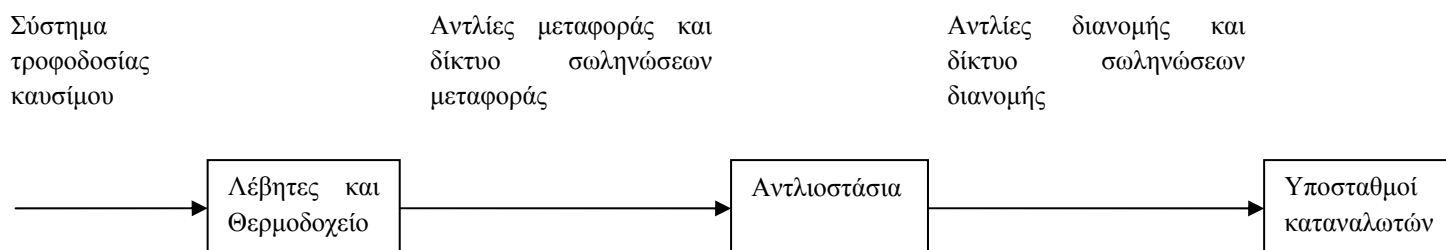
Για τη λειτουργία της τηλεθέρμανσης είναι απαραίτητη η κατασκευή Αντλιοστασίου. Η μεταφορά του θερμού νερού μέχρι το Αντλιοστάσιο γίνεται μέσω αντλιών μεταφοράς και του δικτύου σωληνώσεων μεταφοράς που αποτελείται από προμονωμένους σωλήνες.

Η διανομή του θερμού νερού τηλεθέρμανσης από το αντλιοστάσιο στους σταθμούς καταναλωτών στην πόλη γίνεται μέσω αντλιών και του δικτύου σωληνώσεων διανομής που αποτελείται από προμονωμένους σωλήνες.

Απαραίτητη είναι επίσης και η εγκατάσταση ενός θερμοδοχείου, το οποίο χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών αιχμής.

Το Σχήμα 4.1 παριστάνει τις εγκαταστάσεις της Τηλεθέρμανσης.

Σχήμα 4.1 Εγκαταστάσεις Τηλεθέρμανσης



4.4.1.Στοιχεία μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας

Όσον αφορά στην τοποθεσία εγκατάστασης των μονάδων παραγωγής θερμικής ενέργειας μελετώνται τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής με στόχο η θέση επιλογής να ελαχιστοποιεί την επιβάρυνση με ρύπους της πόλης των Γρεβενών. Η ανάλυση διασποράς ρύπων (Gauss) δείχνει τη συγκέντρωση των ρύπων από τη λειτουργία των μονάδων.

4.4.1.1 Λέβητες

Σύμφωνα με τα στοιχεία του αναμενόμενου θερμικού φορτίου της πόλης των Γρεβενών αναμένεται μέγιστο συνολικό θερμικό φορτίο (ετεροχρονισμένο) 53.264 KWth και προστίθεται το θερμικό φορτίο των νέων κτιρίων (ετεροχρονισμένο) το οποίο είναι 21.541 KWth.

Η ποσότητα της διαθέσιμης δασικής βιομάζας δεν επαρκεί για την κάλυψη του συνολικού φορτίου επομένως προτείνεται η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νέων κτιρίων. Η κάλυψη της απαιτούμενης θερμικής ισχύος των νέων κτιρίων προτείνεται να γίνει με εγκατάσταση 3 λεβήτων βιομάζας θερμικής ισχύος ο καθένας 7 MW, συνολικής ισχύος 21 MW. Προτείνεται επίσης η εγκατάσταση ενός εφεδρικού λέβητα πετρελαίου θερμικής ισχύος 5 MW. Αρχικά εγκαθίσταται ένας λέβητας βιομάζας 7 MW και ο εφεδρικός λέβητας πετρελαίου 5 MW, μετά τον 6^ο χρόνο

εγκαθίσταται ένας ακόμη λέβητας βιομάζας 7 MW και μετά τον 12^ο χρόνο εγκαθίσταται ο τρίτος λέβητας βιομάζας 7 MW.

Οι λέβητες είναι φλογοαυλωτοί τριπλής διαδρομής. Η τεχνολογία καύσης θα είναι κινητής κλιμακωτής εσχάρας, η οποία είναι ευρέως διαδεδομένη για την καύση στερεών καυσίμων υπό τη μορφή τεμαχιδίων (διαστάσεις καυσίμου 5 x 2 x 2 cm). Τα εσχάρια έχουν τη μορφή διάτρητης χυτοσιδηράς ή χαλύβδινης πλάκας, με συνήθεις διαστάσεις πάχους περίπου 12 mm, πλάτους 150÷200 mm και μήκους 1000÷1200 mm. Η εσχάρα δημιουργείται από την παράθεση διαδοχικών σειρών εσχारीών κατά πλάτος και μιας κλίμακας ή περισσοτέρων κατά μήκος. Η κλίση των κλιμάκων κυμαίνεται μεταξύ 11 ÷ 15^ο, τιμές οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως για αυτήν την τεχνολογία καύσης. Οι σειρές των εσχारीών είναι εναλλάξ κινητές και σταθερές και η κίνηση τους επιτυγχάνεται παλινδρομικά με τη βοήθεια εμβόλων. Έτσι, το καύσιμο προωθείται από την εισαγωγή του στην κορυφή της εσχάρας προς τη βάση της και στη συνέχεια θα αποτίθεται στην τροφοδοκάνη.

Τα διαδοχικά στάδια μετατροπής του καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσης είναι η ξήρανση του κόκκου καυσίμου, η έκλυση και καύση των πτητικών του, η καύση του υπολειπόμενου εξανθρακώματος και η απομάκρυνση της τέφρας. Η εισαγωγή του πρωτεύοντος αέρα γίνεται από τους αρμούς μεταξύ των εσχारीών και κάτω από την εσχάρα. Η κατανομή του αέρα στο θάλαμο καύσης είναι τέτοια ώστε η μεγαλύτερη ποσότητά του να τροφοδοτείται στο χώρο όπου λαμβάνει χώρα η καύση και λιγότερο στην περιοχή απόθεσης της τέφρας. Σε περίπτωση προθέρμανσης του αέρα, μεγάλο ποσοστό της φέρουσας θερμότητας του θα χρησιμοποιείται για την ξήρανση του καυσίμου, επιταχύνοντας έτσι την εξάτμιση της υγρασίας του καυσίμου στο θάλαμο καύσης. Ο πρωτεύων αέρας χρησιμοποιείται και ως ψυκτικό μέσο των εσχारीών. Επειδή η βιομάζα περιέχει σημαντικές ποσότητες πτητικών και ο χρόνος έκλυσης τους είναι σημαντικά χαμηλός, συνίσταται και η παροχή δευτερεύοντος αέρα πάνω από την εσχάρα, που θα συμβάλλει στην ολοκλήρωση της καύσης. Οι επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας δια της συναγωγής μεταξύ του καυσαερίου και του ζεστού νερού θα τοποθετηθούν πάνω από το θάλαμο καύσης.

Το κόστος μιας μονάδας βιομάζας είναι πολύ υψηλό συγκρινόμενο με αυτό μιας μονάδας συμβατικού καυσίμου. Στους λέβητες βιομάζας το κόστος είναι 3 με 4 φορές υψηλότερο ανά μονάδα παραγόμενης θερμικής ισχύος, λόγω του υψηλού βαθμού αυτοματοποίησης που απαιτείται για την καύση θρυμματισμένου ξύλου. Επίσης λόγω της φύσης του χρησιμοποιούμενου καυσίμου και για να διατηρείται σε υψηλούς βαθμούς απόδοσης η λειτουργία των μονάδων βιομάζας με καύσιμο θρυμματισμένο ξύλο απαιτείται σχετικά συχνή συντήρηση (π.χ. εκκαπνισμός των λεβήτων βιομάζας), κατά το διάστημα των οποίων είναι απαραίτητο να λειτουργούν εναλλακτικά φθηνές μονάδες παραγωγής θερμικής ενέργειας στην περίπτωση της παρούσας μελέτης λέβητας πετρελαίου.

Η εγκατάσταση των λεβήτων βιομάζας λόγω του ότι η κατασκευή τους είναι υψηλού κόστους για τις πιέσεις λειτουργίας του συστήματος Τηλεθέρμανσης γίνεται με την παρεμβολή εναλλακτών θερμότητας.

Κατασκευαστικά στοιχεία λεβήτων

Τα κατασκευαστικά στοιχεία των λεβήτων βιομάζας τα οποία προέρχονται από τρεις κατασκευαστικούς οίκους του εξωτερικού, τη δανέζικη εταιρεία Danstoker, τη Mawera και την Kohlbach παρατίθενται στον Πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8 Κατασκευαστικά στοιχεία λεβήτων βιομάζας

	Danstoker	Mawera	Kohlbach
Εύρος ισχύος	400-50.000 KW	110-13.000 KW	400-10.000 KW
Πίεση σχεδιασμού	Ως 32 bar		Ως 20 bar
Θερμοκρασία νερού εξόδου		Ως 180° C	Ως 180° C

Από στοιχεία της εταιρείας Danstoker ένας λέβητας που θα μπορούσε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της εγκατάστασης είναι ο λέβητας τύπου VHS με τα παρακάτω στοιχεία:

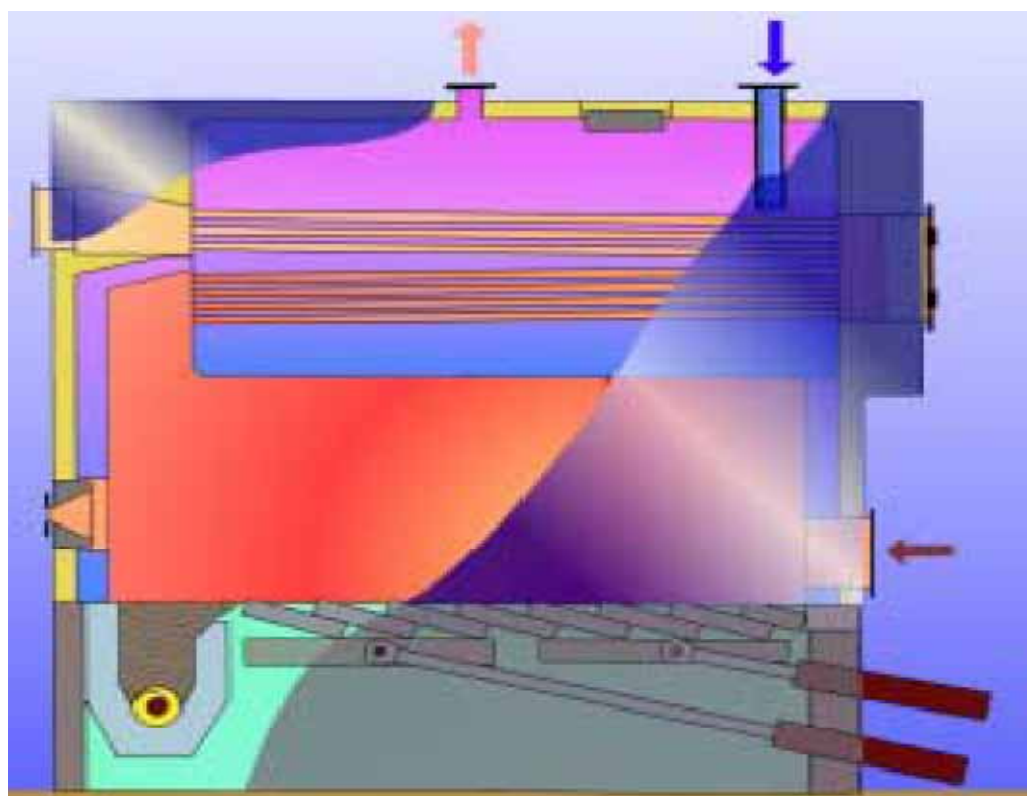
Εύρος ισχύος: 2.000-7.000 KW

Πίεση σχεδιασμού: 6 και 10 bar

Καύσιμα: Διάφορα στερεά καύσιμα, όπως άχυρο, υπολείμματα ξυλείας και θρύμματα ξύλου

Στην εικόνα 4.1 απεικονίζεται ο λέβητας τύπου VHS

Εικόνα 4.1 Λέβητας βιομάζας τύπου VHS εταιρείας Danstoker



4.4.1.2 Σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου

Στη μονάδα παραγωγής θερμικής ενέργειας εγκαθίσταται και το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου το οποίο αποτελείται από τον αποθηκευτικό χώρο του καυσίμου, το σύστημα διαχείρισης του και το σύστημα μεταφοράς και τροφοδοσίας

στο λέβητα. Φυσικά, είναι το μέρος της εγκατάστασης όπου εμφανίζονται τα περισσότερα λειτουργικά προβλήματα, εξαιτίας κυρίως της φύσης του καυσίμου βιομάζας. Για αυτό το λόγο, χρειάζεται υψηλό επίπεδο αυτοματισμού του συστήματος από το σημείο αποθήκευσης έως και την τροφοδοσία του καυσίμου στο λέβητα, γεγονός που αυξάνει το βαθμό πολυπλοκότητας του συστήματος.

Για την αποθήκευση της αθρυμματιστής βιομάζας προτείνεται η κατασκευή κορμποπλατειών υποδοχής.

Το σύστημα διαχείρισης της δασικής βιομάζας αποτελείται από το θρυμματιστή, ο οποίος έχει δυνατότητα επεξεργασίας κορμών ή κορμοτεμαχίων διαμέτρου ως 30 cm περίπου και την ταινία μεταφοράς για την τροφοδοσία σε ενδιάμεσους χώρους αποθήκευσης. Για την ταχύτερη απώλεια της υγρασίας προτείνεται η μετατροπή σε ξυλοτεμαχίδια να γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Επίσης προκειμένου να αποφευχθεί το σάπισμα της βιομάζας και η ανάπτυξη ευρωτιάσεων, προτείνεται η τακτική ανάδευση των στοιβάδων των ξυλοτεμαχιδίων με τη χρήση μηχανήματος φόρτωσης.

Το σύστημα τροφοδοσίας του καυσίμου αποτελείται από τους ενδιάμεσους χώρους αποθήκευσης (σιλό), το σύστημα εκφόρτισης των σιλό, τη μεταφορική ταινία και τον κοχλία προωθήσεως του καυσίμου στην εστία. Για κάθε λέβητα προβλέπεται η κατασκευή ενός ενδιάμεσου χώρου αποθήκευσης. Τα τρία σιλό θα εδράζονται σε μεταλλικές βάσεις που θα μπορούν να φέρουν το βάρος τους και το υλικό της βιομάζας. Το τελευταίο στη σειρά σιλό θα πρέπει να είναι ανοικτό για την αποφυγή συσσωρεύσεως υλικού και συνεπώς μπλοκαρίσματος του εξοπλισμού.

4.4.1.3 Θερμοδοχείο

Για την αποθήκευση θερμότητας για την κάλυψη των αιχμών της ζήτησης, αλλά και για την παραλαβή των μεταβολών του όγκου του νερού λόγω συστολών και διαστολών από τις αλλαγές της θερμοκρασίας, εγκαθίσταται ένα θερμοδοχείο.

Το θερμοδοχείο είναι μία κυλινδρική δεξαμενή. Η δεξαμενή θα μονωθεί με ορυκτοβάμβακα προστατευμένο με τραπεζοειδή φύλλα αλουμινίου.

4.4.1.4 Σύστημα συγκράτησης της ιπτάμενης τέφρας

Για τη συγκράτηση των σωματιδίων της ιπτάμενης τέφρας που φέρουν τα καυσαέρια χρησιμοποιούνται τρεις πολυκυκλώνες, ένας για κάθε λέβητα, από τους οποίους θα διέρχονται τα καυσαέρια των λεβήτων πριν καταλήξουν στις αντίστοιχες καπνοδόχους. Οι πολυκυκλώνες αποτελούνται από μια διάταξη κυκλωνίων μικρού μεγέθους συνδεδεμένων παράλληλα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ μεγάλες ταχύτητες φυγοκέντρισης με αποτέλεσμα υψηλό βαθμό συγκράτησης των αιωρούμενων σωματιδίων. Η μεταφορά της τέφρας από το χώρο του λεβητοστασίου τόσο από την τεφρολεκάνη όσο και από τον πολυκυκλώνα θα πραγματοποιείται είτε με μεταφορική ταινία είτε με τη βοήθεια κοχλιωτού μεταφορέα, τα οποία θα ψύχονται κατάλληλα. Η τέφρα θα συλλέγεται σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο αποθήκευσης εκτός του λεβητοστασίου. Η όλη διάταξη βρίσκεται εντός κλειστού μονωμένου πλαισίου με είσοδο-έξοδο καυσαερίων αριστερά και δεξιά και απαγωγή της τέφρας εκ των κάτωθεν.

4.4.2 Στοιχεία μονάδας μεταφοράς και διανομής θερμικής ενέργειας

Για τη μεταφορά του θερμού νερού που παράγεται στους λέβητες στο αντλιοστάσιο χρησιμοποιούνται οι αντλίες μεταφοράς. Η παροχή των αντλιών μεταφοράς ρυθμίζεται με την μεταβολή των στροφών λειτουργίας των αντλιών μέσω μετατροπέων συχνότητας.

Για τη μεταφορά του θερμού νερού από το Αντλιοστάσιο στους Σταθμούς Καταναλωτών στην πόλη μέσω του δικτύου σωληνώσεων διανομής χρησιμοποιούνται οι αντλίες διανομής. Η παροχή των αντλιών ρυθμίζεται με την μεταβολή των στροφών λειτουργίας των αντλιών, μέσω μετατροπέων συχνότητας.

Η προσαγωγή του θερμού νερού θα γίνεται μέσω κλειστού δισωλήνιου δικτύου προμονωμένων αγωγών, συγκεκριμένα χαλύβδινων σωληνώσεων με μόνωση πολουρεθάνης και εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα πολυαιθυλενίου. Η μέγιστη διάμετρος αγωγών μεταφοράς θα είναι DN 300 ενώ η ελάχιστη διάμετρος αγωγών δικτύου διανομής θα είναι DN 25.

Στην εικόνα 4.2 απεικονίζονται οι σωληνώσεις της τηλεθέρμανσης.

Εικόνα 4.2 Σωληνώσεις Τηλεθέρμανσης



Στο δίκτυο της τηλεθέρμανσης εγκαθίστανται και οι θερμικοί υποσταθμοί καταναλωτή. Ως θερμικός σταθμός καταναλωτή χαρακτηρίζεται η συνολική διάταξη από τις παροχές σύνδεσης του καταναλωτή στο δίκτυο της Τηλεθέρμανσης μέχρι και τους αγωγούς προσαγωγής και επιστροφής του θερμού νερού (για θέρμανση ή χρήση) της εσωτερικής εγκατάστασης του καταναλωτή.

Ο ρόλος του υποσταθμού είναι όχι απλά να μεταφέρει την θερμότητα μέσω του εναλλάκτη, από το δίκτυο της Τηλεθέρμανσης στο εσωτερικό δίκτυο του καταναλωτή, αλλά να μεταφέρει πάντα τη θερμότητα που ακριβώς απαιτείται για θέρμανση χώρου ή το θερμό νερό χρήσης. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλες ρυθμιστικές διατάξεις, ελέγχοντας την παροχή θερμότητας στη ζήτηση του καταναλωτή. Επίσης καταγράφει το ποσό της καταναλισκόμενης θερμότητας με κατάλληλη μετρητική διάταξη (μετρητή θερμότητας).

Ο κάθε υποσταθμός αποτελείται από δύο εναλλάκτες και μια σειρά άλλων οργάνων (μανόμετρα, θερμοστάτες).

4.5 Ενδεικτική Κοστολόγηση Εγκαταστάσεων

4.5.1 Κόστος μονάδας παραγωγής θερμότητας

Σύμφωνα με την εκτίμηση της εταιρείας Ν. Αχ. Φιλιππόπουλος το κόστος των λεβήτων είναι 500 €/KWth (Στο κόστος συμπεριλαμβάνεται και το κόστος του θερμοδοχείου.), δηλαδή στην περίπτωση της μελέτης τηλεθέρμανσης των νέων κτιρίων των Γρεβενών το κόστος των λεβήτων βιομάζας είναι 10.500.000 €. Το κόστος του εφεδρικού λέβητα πετρελαίου 5 MW εκτιμάται σε 300.000-400.000 €. (Πηγή: εταιρεία Ν. Αχ. Φιλιππόπουλος)

Το κόστος του θραυστήρα ξύλου και των εγκαταστάσεων αποθήκευσης βιομάζας ενδεικτικά αναφέρεται 198.000 €.

Το συνολικό κόστος της μονάδας παραγωγής θερμότητας διαμορφώνεται από τα παραπάνω επιμέρους κόστη και προκύπτει 10.998.000 €.

4.5.2 Κόστος μονάδας μεταφοράς και διανομής θερμικής ενέργειας

Το κόστος των αντλιοστασίων διαμορφώνεται ανάλογα με την επιθυμητή πτώση πίεσης, την ισχύ, και τις βασικές τιμές εξοπλισμού των κτιρίων. Ενδεικτικά δίνεται κόστος αντλιοστασίων (αυτοματισμοί, βοηθητικά, κατεργασία νερού, κλπ) 650.000 €. Προέκυψε από την ενδεικτική κοστολόγηση παρόμοιας μελέτης και την αναγωγή στα δεδομένα της παρούσας μελέτης. (Πηγή: Αξιοποίηση Βιομάζας στο Ν. Τρικάλων, ΕΘΙΑΓΕ)

Το κόστος των υποσταθμών κτιρίων (εναλλάκτες κτιρίων, μανόμετρα, θερμοστάτες, κλπ) κοστολογείται σε 1540 €/υποσταθμό. Το σύνολο των υποσταθμών εκτιμάται σε 4.000. Έτσι το συνολικό κόστος των υποσταθμών διαμορφώνεται σε 6.160.000 €. (Προέκυψε από αναγωγή των στοιχείων της μελέτης «Αξιοποίηση Βιομάζας στο Ν. Τρικάλων» του ΕΘΙΑΓΕ.)

Το κόστος των δικτύων μεταφοράς και διανομής διαμορφώνεται ανάλογα με την τιμή των υλικών των σωληνώσεων και το μήκος των αγωγών. Όσον αφορά στο κόστος του κεντρικού δικτύου διανομής, αυτό διαμορφώνεται από τα επιμέρους κόστη των σωληνώσεων. Στον Πίνακα 4.9 παρουσιάζονται τα κόστη των σωληνώσεων ανάλογα με τη διάμετρο.

Πίνακας 4.9 Κόστος σωληνώσεων ανάλογα με τη διάμετρο (Πηγή: Energy Audit of District Heating System in Kaunas, Lithuania)

Διάμετρος Σωληνώσεων (mm)	Κόστος (€/m)
25	130
32	145
40	160
50	190
70	210
80	240
100	290
125	390
150	470
175	540
200	590
250	500
300	564
350	670
400	470
450	825

Λήφθηκαν υπόψιν οι τιμές κόστους των διαμέτρων 200mm, 100 mm και 32 mm. Εκτιμάται ότι αυτές οι διαμέτροι συμμετέχουν στο δίκτυο κατά 1/3. Επομένως το συνολικό κόστος του δικτύου διανομής εκτιμάται σε 20.154.494 €.(Αναγωγή στοιχείων της μελέτης «Αξιοποίηση Βιομάζας στο Ν. Τρικάλων» του ΕΘΙΑΓΕ.)

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος του δικτύου διανομής κτιρίων είναι 60 €/m άρα, το συνολικό κόστος διανομής κτιρίων εκτιμάται σε 7.786.517 €. (Αναγωγή στοιχείων της μελέτης «Αξιοποίηση Βιομάζας στο Ν. Τρικάλων» του ΕΘΙΑΓΕ.)

Λαμβάνοντας υπόψιν τα επιμέρους κόστη, το συνολικό κόστος της μονάδας μεταφοράς και διανομής της εκτιμάται σε 34.751.011 €.

4.5.3 Συνολικό Κόστος εγκατάστασης

Ο Πίνακας 4.10 παρουσιάζει συνοπτικά τα επιμέρους κόστη και το συνολικό κόστος της εγκατάστασης

Πίνακας 4.10 Επιμέρους Κόστη και Συνολικό Κόστος της εγκατάστασης

Κόστος μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας	10.998.000 €
Κόστος μονάδας μεταφοράς και διανομής θερμικής ενέργειας	34.751.011 €
Συνολικό κόστος εγκατάστασης	45.749.011 €

4.6 Πρώτη εκτίμηση οικονομικότητας της επένδυσης

Για μια πρώτη εκτίμηση της οικονομικότητας του συστήματος τηλεθέρμανσης παρουσιάζονται τα στοιχεία του Πίνακα 4.11 για τα επιμέρους κόστη και το συνολικό κόστος ανά έτος λειτουργίας. Η τιμή της δασικής βιομάζας που έχει ληφθεί υπόψιν είναι 78 €/tn. Έχει θεωρηθεί ότι όλο το ύψος της επένδυσης καταβάλλεται από τη δημοτική επιχείρηση τηλεθέρμανσης με διάρκεια απόσβεσης τα 20 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής 8%.

Πίνακας 4.11 Επιμέρους κόστη ανά έτος λειτουργίας και Συνολικό Κόστος

Έτος	Απόσβεση (€)	Κόστος ξυλείας (€)	Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (€)	Κόστος πετρελαίου εφεδρικού λέβητα (€)	Συνολικό Κόστος (€)
1	4.659.637,82	45.792,29	914.980,22	12.000,00	5.632.997,41
2	4.659.637,82	91.584,57	914.980,22	12.000,00	5.679.376,77
3	4.659.637,82	137.376,86	914.980,22	12.000,00	5.725.756,14
4	4.659.637,82	183.169,14	914.980,22	12.000,00	5.772.135,51
5	4.659.637,82	228.961,43	914.980,22	12.000,00	5.818.514,87
6	4.659.637,82	274.753,71	914.980,22	12.000,00	5.864.894,24
7	4.659.637,82	320.546,00	914.980,22	12.000,00	5.911.273,60
8	4.659.637,82	366.338,28	914.980,22	12.000,00	5.957.652,97
9	4.659.637,82	412.130,57	914.980,22	12.000,00	6.004.032,34
10	4.659.637,82	457.922,85	914.980,22	12.000,00	6.050.411,70
11	4.659.637,82	503.715,14	914.980,22	12.000,00	6.096.791,07
12	4.659.637,82	549.507,43	914.980,22	12.000,00	6.143.170,43
13	4.659.637,82	595.299,71	914.980,22	12.000,00	6.189.549,80
14	4.659.637,82	641.092,00	914.980,22	12.000,00	6.235.929,17
15	4.659.637,82	686.884,28	914.980,22	12.000,00	6.282.308,53
16	4.659.637,82	732.676,57	914.980,22	12.000,00	6.328.687,90
17	4.659.637,82	778.468,85	914.980,22	12.000,00	6.375.067,26
18	4.659.637,82	824.261,14	914.980,22	12.000,00	6.421.446,63
19	4.659.637,82	870.053,42	914.980,22	12.000,00	6.467.826,00
20	4.659.637,82	915.845,71	914.980,22	12.000,00	6.514.205,36

Ο Πίνακας 4.12 παρουσιάζει το κόστος της ενέργειας σε (€/MJ).

Πίνακας 4.12 Κόστος Ενέργειας (€/MJ)

Έτος	Κόστος (€/MJ)
1	705.509,60
2	355.659,21
3	239.042,41
4	180.734,02
5	145.748,98
6	122.425,62
7	105.766,08
8	93.271,42
9	83.553,35
10	75.778,90
11	69.417,98
12	64.117,22
13	59.631,96
14	55.787,45
15	52.455,54
16	49.540,12
17	46.967,69
18	44.681,09
19	42.635,18
20	40.793,86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε μια μελέτη σχετικά με τη δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης δασικής βιομάζας για τηλεθέρμανση της πόλης των Γρεβενών. Διαπιστώθηκε ότι το ενεργειακό περιεχόμενο της δασικής βιομάζας δεν επαρκεί για την κάλυψη του συνόλου των ενεργειακών αναγκών της πόλης. Μία πρώτη προσέγγιση θα ήταν η λεπτομερής καταγραφή των υπολειμμάτων ξυλείας από τις μεγάλες μονάδες επεξεργασίας και της αντίστοιχης τιμής πώλησης των ποσοτήτων αυτών. Μία δεύτερη προσέγγιση θα ήταν η διεξοδική ανάλυση των διαχειριστικών μελετών ανά δασικό σύμπλεγμά με σκοπό την αναζήτηση των ποσοτήτων των καυσοξύλων που διατίθενται για τις ατομικές ανάγκες των κατοίκων των παραδασόβιων οικισμών. Αυτές οι ποσότητες δεν καταγράφονται στους πίνακες συνολικής παραγωγής του νομού. Χρήσιμο θα ήταν να ερευνηθεί αν κάποιες από αυτές τις ποσότητες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την τηλεθέρμανση φυσικά μόνο αν δεν ήταν απαραίτητες στους κατοίκους των ορεινών περιοχών για την κάλυψη των αναγκών τους.

Η μελέτη εμπεριέχει και στοιχεία για τη γεωργική βιομάζα του νομού. Ένα ποσοστό αυτών των ποσοτήτων θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την τηλεθέρμανση. Χρήσιμο θα ήταν επίσης να εξεταστεί η δυνατότητα αξιοποίησης των αστικών απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας για την τηλεθέρμανση εφόσον βέβαια υπάρξει αντίστοιχος σχεδιασμός διαχείρισης απορριμμάτων και αντίστοιχο εργοστάσιο αποτέφρωσης που θα καλύπτει τους αναγκαίους περιβαλλοντικούς όρους.

Αξιοποιώντας τις ήδη διαθέσιμες ποσότητες της δασικής βιομάζας προτείνονται δύο λύσεις. Η πρώτη, η οποία εξετάστηκε στην παρούσα εργασία, είναι η πιλοτική ανάπτυξη του δικτύου της τηλεθέρμανσης σε σύνδεση με τα νέα κτίρια για τα οποία η διαθέσιμη βιομάζα επαρκεί. Μια δεύτερη λύση θα αποτελούσε η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κάποιων κεντρικών κτιρίων (σχολείων, νοσοκομείων κλπ).

Εφόσον το ποσοστό σύνδεσης των καταναλωτών με το πιλοτικό σύστημα της τηλεθέρμανσης ήταν ικανοποιητικό, θα άξιζε να καλυφθούν και οι υπόλοιπες θερμικές ανάγκες. Για την κάλυψη ολόκληρου του δικτύου τηλεθέρμανσης που έχει παρουσιαστεί στη μελέτη θα πρέπει αναγκαστικά να χρησιμοποιηθούν και υγρά ή αέρια καύσιμα (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) εκτός των στερεών βιομαζικών καυσίμων. Η χρήση πετρελαίου ή φυσικού αερίου θα μπορούσε να γίνει σε απλούς λέβητες παραγωγής θερμού νερού ή και σε εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας που αποτελούνται από μία ΜΕΚ κι ένα λέβητα ανάκτησης θερμότητας.

Η εγκατάσταση μονάδας τηλεθέρμανσης στην πόλη των Γρεβενών είναι ενεργειακά απαραίτητη εφόσον οι θερμοκρασίες της πόλης είναι αρκετά χαμηλές και η περίοδος θέρμανσης μεγάλη. Εξάλλου η λύση της τηλεθέρμανσης αποτελεί μια λύση χαμηλού κόστους για τους καταναλωτές, σίγουρα χαμηλότερου από αυτή της μεμονωμένης θέρμανσης των κατοικιών με πετρέλαιο θέρμανσης. Η τηλεθέρμανση έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση συναλλάγματος λόγω μη κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης και φυσικό επακόλουθο είναι και η σημαντική εξοικονόμηση πετρελαίου.

Η τηλεθέρμανση της πόλης θα οδηγήσει σε καλύτερη ποιότητα ατμόσφαιρας εφόσον θα μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η μείωση των συμβατικών ρύπων όπως τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου θα είναι επίσης πιο εύκολη αφού ο έλεγχος των εκπομπών κεντρικών εγκαταστάσεων είναι πάντα πιο αποδοτικός σε σχέση με τον έλεγχο των εκπομπών διασκορπισμένων λεβήτων στα κτίρια. Εξάλλου το ισοζύγιο του διοξειδίου του άνθρακα με την καύση δασικής βιομάζας είναι πρακτικά μηδενικό.

Με την εγκατάσταση του συστήματος τηλεθέρμανσης δημιουργείται η δυνατότητα αξιοποίησης σημαντικών ποσοτήτων δασικής βιομάζας που προκύπτει από την υλοτομία και έτσι αξιοποιείται ένα ενεργειακό δυναμικό που παραμένει ανεκμετάλλευτο. Το πρόβλημα με την αξιοποίηση της δασικής βιομάζας έγκειται στην έλλειψη οργάνωσης των εργασιών υλοτομίας και συγκομιδής και στα υψηλά κόστη μεταφοράς και φόρτωσης των ποσοτήτων ξυλείας. Αν δεν αναζητηθεί λύση, τα κόστη αυτά καθιστούν απαγορευτική την εγκατάσταση συστήματος τηλεθέρμανσης αξιοποιώντας δασική βιομάζα.

Ακόμη ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τηλεθέρμανσης στην τοπική κοινωνία των Γρεβενών είναι η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας είτε άμεσα είτε έμμεσα. Το έργο αυτό θα συμβάλλει σε μία νέα ώθηση στην εμπορική και βιοτεχνική δραστηριότητα της πόλης η οποία θα οδηγήσει σε μια περαιτέρω ανάπτυξη της περιοχής.

Για να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό ποσοστό σύνδεσης των καταναλωτών με το δίκτυο της τηλεθέρμανσης, οι δημοτικές αρχές και η επιχείρηση που θα αναλάβει το σχεδιασμό του συστήματος τηλεθέρμανσης θα πρέπει να γνωστοποιήσει στο καταναλωτικό κοινό τα οφέλη της τηλεθέρμανσης τόσο σε προσωπικό όσο και σε τοπικό επίπεδο. Για την προσέλκυση καταναλωτών για σύνδεση με το δίκτυο και την ταυτόχρονη κάλυψη των χρηματοοικονομικών και λειτουργικών αναγκών της επιχείρησης, σημαντικός είναι ο καθορισμός της τιμής σύνδεσης των καταναλωτών στο δίκτυο διανομής και της τιμής πώλησης της θερμικής ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ASHRAE (1996), Handbook, American Society of Heating Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, USA, Chapter 11-District heating
2. Βασιλάκος Ν. (2008), «Το νέο κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ και οι πιέσεις του στον ελληνικό ενεργειακό τομέα», ENERGY point
3. Βασιλόπουλος Γ., Ζαβάκος Γ., Ζέρβα Γ., Κωστάρα Ε., Λυριντζής Γ., Μπόσκος Λ., Πατέρας Δ., Σάμιος Γ., Σκαρβέλης Μ., Τσοπούρογλου Σ.,(2000), «Αξιοποίηση Βιομάζας στο νομό Τρικάλων», ΕΘΙΑΓΕ
4. Bridgwater, Toft, Bramme, (2002), «A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion», Bioenergy Research Group, Aston University, Birmingham, UK
5. Γενική Γραμματεία Δασών, «Πίνακες παραγωγής Ελληνικών Δασών», Υπουργείο Γεωργίας
6. Committee on District Heating and Cooling, (1985), «District Heating and Cooling in the United States: Prospects and Issues», The National Academies Press
7. Community Energy Systems, (2001) «District energy in Montpellier-Vermont, Concepts & Review», CANMET, Natural Resources Canada
8. Διεύθυνση Δασών Γρεβενών, Στοιχεία Δασικών Συνεταιρισμών, Εκτάσεις Δασικών Συμπλεγμάτων
9. Ε.Σ.Υ.Ε, Πίνακες Ποσοτήτων Γεωργικών Καλλιεργειών
10. Ζερβός Α. (2004), «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», ΕΜΠ
11. Κοκκινίδης Γ., (1989), «Η βιομάζα των δασών της Ελλάδος», ΚΑΠΕ
12. Κουρεμένος Δ., Αντωνόπουλος Κ., (), «Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά 35 Ελληνικών Πόλεων», ΕΜΠ
13. Kauto N., Jager-Waldan A., Renewable Energy Snapshots 2007, (2007), European Commission, Joint Research Center
14. Lyrantzis G., (1983) « L' exploitation de taillis-Etude technique et economique», Faculte de droit et des sciences economiques, Universite de Nancy II
13. Μπεργελές Γ., (2003), «Πηγές διασπορά και έλεγχος ατμοσφαιρικής ρύπανσης», ΕΜΠ
14. Makela T.,(2006), «Energy Audit of District Heating System in Kaunas, Lithuania», Enprima Ltd

15. Παπαγεωργίου Ν.,(1991), «Ατμοπαραγωγοί Ι, Γενικές Αρχές», Εκδόσεις Συμεών
16. Παπαματθαίου Α., ΕΜΕCO-Σύμβουλοι Μηχανικοί, Τηλεθέρμανση Μεγαλόπολης, «Οι εφαρμογές τηλεθέρμανσης και συμπαραγωγής στην Ελλάδα και η βέλτιστη αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πόρων», Ημερίδα ΚΤΕΣΚ-ΚΑΠΕ-ΟΠΕΤ
17. Τσουμής Γ., (1983), «Δομή, Ιδιότητες και Αξιοποίηση του ξύλου»
18. Φιλίππου Ι., (1986), «Χημεία και Χημική τεχνολογία του ξύλου», Θεσσαλονίκη
19. ΦΕΚ Τεύχος Β 69/26.01.07
20. ΦΕΚ Τεύχος Β 992/14.07.05

Ιστοσελίδες

1. www.aboutbioenergy.info
2. www.ieabcc.nl/overview/largescale.html
3. www.eubia.org
4. www.4m.gr/support/webhelpapol/methodgen.htm
5. www.energytraining4europe.org/
6. www.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/WoodEnergyEcology/GreenhouseEffect.htm
7. <http://www.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/WoodEnergyEcology/emissions.htm>
8. <http://www.energy.rochester.edu/dh/>
9. <http://www.sei.ie/uploadedfiles/RenewableEnergy/emissionsdata.pdf>
10. <http://www.helsinginenergia.fi/en/heat/heating.html>
11. http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf
12. <http://www.dbdh.dk/>
13. www.mawera.com
14. www.woodenergyltd.co.uk
15. www.danstoker.dk
16. www.kohlbach.at

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Ι Υπολογισμός Βαθμομερών Θέρμανσης για 17 °C, 20°C και 21°C

Αριθμός Ημέρας	Αριθμός Εβδομάδας	Μέση Θερμοκρασία	Βαθμομέρα Θέρμανσης (17°C)	Βαθμομέρα Θέρμανσης (20°C)	Βαθμομέρα Θέρμανσης (21°C)
1	0,14285714	5,203185728	11,79681427	14,79681427	15,79681427
2	0,28571429	5,145331639	11,85466836	14,85466836	15,85466836
3	0,42857143	5,090134864	11,90986514	14,90986514	15,90986514
4	0,57142857	5,037611758	11,96238824	14,96238824	15,96238824
5	0,71428571	4,987777885	12,01222211	15,01222211	16,01222211
6	0,85714286	4,940648013	12,05935199	15,05935199	16,05935199
7	1	4,896236106	12,10376389	15,10376389	16,10376389
8	1,14285714	4,854555326	12,14544467	15,14544467	16,14544467
9	1,28571429	4,815618022	12,18438198	15,18438198	16,18438198
10	1,42857143	4,779435733	12,22056427	15,22056427	16,22056427
11	1,57142857	4,746019181	12,25398082	15,25398082	16,25398082
12	1,71428571	4,715378267	12,28462173	15,28462173	16,28462173
13	1,85714286	4,687522071	12,31247793	15,31247793	16,31247793
14	2	4,662458847	12,33754115	15,33754115	16,33754115
15	2,14285714	4,640196023	12,35980398	15,35980398	16,35980398
16	2,28571429	4,620740195	12,37925981	15,37925981	16,37925981
17	2,42857143	4,604097128	12,39590287	15,39590287	16,39590287
18	2,57142857	4,590271754	12,40972825	15,40972825	16,40972825
19	2,71428571	4,57926817	12,42073183	15,42073183	16,42073183
20	2,85714286	4,571089637	12,42891036	15,42891036	16,42891036
21	3	4,565738577	12,43426142	15,43426142	16,43426142
22	3,14285714	4,563216577	12,43678342	15,43678342	16,43678342
23	3,28571429	4,563524383	12,43647562	15,43647562	16,43647562
24	3,42857143	4,566661906	12,43333809	15,43333809	16,43333809
25	3,57142857	4,572628214	12,42737179	15,42737179	16,42737179
26	3,71428571	4,58142154	12,41857846	15,41857846	16,41857846
27	3,85714286	4,593039278	12,40696072	15,40696072	16,40696072
28	4	4,607477986	12,39252201	15,39252201	16,39252201
29	4,14285714	4,624733386	12,37526661	15,37526661	16,37526661
30	4,28571429	4,644800363	12,35519964	15,35519964	16,35519964
31	4,42857143	4,667672973	12,33232703	15,33232703	16,33232703
32	4,57142857	4,693344436	12,30665556	15,30665556	16,30665556
33	4,71428571	4,721807147	12,27819285	15,27819285	16,27819285
34	4,85714286	4,75305267	12,24694733	15,24694733	16,24694733
35	5	4,787071748	12,21292825	15,21292825	16,21292825
36	5,14285714	4,8238543	12,1761457	15,1761457	16,1761457
37	5,28571429	4,863389426	12,13661057	15,13661057	16,13661057
38	5,42857143	4,905665411	12,09433459	15,09433459	16,09433459
39	5,57142857	4,950669727	12,04933027	15,04933027	16,04933027
40	5,71428571	4,99838904	12,00161096	15,00161096	16,00161096

41	5,85714286	5,048809209	11,95119079	14,95119079	15,95119079
42	6	5,101915293	11,89808471	14,89808471	15,89808471
43	6,14285714	5,157691556	11,84230844	14,84230844	15,84230844
44	6,28571429	5,21612147	11,78387853	14,78387853	15,78387853
45	6,42857143	5,277187721	11,72281228	14,72281228	15,72281228
46	6,57142857	5,340872214	11,65912779	14,65912779	15,65912779
47	6,71428571	5,407156077	11,59284392	14,59284392	15,59284392
48	6,85714286	5,47601967	11,52398033	14,52398033	15,52398033
49	7	5,547442586	11,45255741	14,45255741	15,45255741
50	7,14285714	5,621403662	11,37859634	14,37859634	15,37859634
51	7,28571429	5,697880981	11,30211902	14,30211902	15,30211902
52	7,42857143	5,776851881	11,22314812	14,22314812	15,22314812
53	7,57142857	5,858292962	11,14170704	14,14170704	15,14170704
54	7,71428571	5,942180091	11,05781991	14,05781991	15,05781991
55	7,85714286	6,028488409	10,97151159	13,97151159	14,97151159
56	8	6,117192343	10,88280766	13,88280766	14,88280766
57	8,14285714	6,208265607	10,79173439	13,79173439	14,79173439
58	8,28571429	6,301681215	10,69831879	13,69831879	14,69831879
59	8,42857143	6,397411485	10,60258852	13,60258852	14,60258852
60	8,57142857	6,49542805	10,50457195	13,50457195	14,50457195
61	8,71428571	6,595701866	10,40429813	13,40429813	14,40429813
62	8,85714286	6,698203219	10,30179678	13,30179678	14,30179678
63	9	6,802901737	10,19709826	13,19709826	14,19709826
64	9,14285714	6,909766395	10,09023361	13,09023361	14,09023361
65	9,28571429	7,018765526	9,981234474	12,98123447	13,98123447
66	9,42857143	7,129866832	9,870133168	12,87013317	13,87013317
67	9,57142857	7,243037391	9,756962609	12,75696261	13,75696261
68	9,71428571	7,358243668	9,641756332	12,64175633	13,64175633
69	9,85714286	7,475451525	9,524548475	12,52454848	13,52454848
70	10	7,59462623	9,40537377	12,40537377	13,40537377
71	10,1428571	7,715732471	9,284267529	12,28426753	13,28426753
72	10,2857143	7,83873436	9,16126564	12,16126564	13,16126564
73	10,4285714	7,963595449	9,036404551	12,03640455	13,03640455
74	10,5714286	8,090278739	8,909721261	11,90972126	12,90972126
75	10,7142857	8,218746692	8,781253308	11,78125331	12,78125331
76	10,8571429	8,348961239	8,651038761	11,65103876	12,65103876
77	11	8,480883795	8,519116205	11,5191162	12,5191162
78	11,1428571	8,614475269	8,385524731	11,38552473	12,38552473
79	11,2857143	8,749696074	8,250303926	11,25030393	12,25030393
80	11,4285714	8,886506141	8,113493859	11,11349386	12,11349386
81	11,5714286	9,024864932	7,975135068	10,97513507	11,97513507
82	11,7142857	9,164731447	7,835268553	10,83526855	11,83526855
83	11,8571429	9,30606424	7,69393576	10,69393576	11,69393576
84	12	9,448821432	7,551178568	10,55117857	11,55117857
85	12,1428571	9,592960721	7,407039279	10,40703928	11,40703928
86	12,2857143	9,738439395	7,261560605	10,2615606	11,2615606
87	12,4285714	9,885214346	7,114785654	10,11478565	11,11478565

88	12,5714286	10,03324208	6,966757919	9,966757919	10,96675792
89	12,7142857	10,18247874	6,817521264	9,817521264	10,81752126
90	12,8571429	10,33288009	6,667119911	9,667119911	10,66711991
91	13	10,48440157	6,515598426	9,515598426	10,51559843
92	13,1428571	10,63699829	6,36300171	9,36300171	10,36300171
93	13,2857143	10,79062502	6,209374979	9,209374979	10,20937498
94	13,4285714	10,94523624	6,054763757	9,054763757	10,05476376
95	13,5714286	11,10078614	5,899213858	8,899213858	9,899213858
96	13,7142857	11,25722862	5,742771375	8,742771375	9,742771375
97	13,8571429	11,41451733	5,585482666	8,585482666	9,585482666
98	14	11,57260566	5,427394338	8,427394338	9,427394338
99	14,1428571	11,73144676	5,268553236	8,268553236	9,268553236
100	14,2857143	11,89099357	5,109006429	8,109006429	9,109006429
101	14,4285714	12,05119881	4,948801193	7,948801193	8,948801193
102	14,5714286	12,212015	4,787985001	7,787985001	8,787985001
103	14,7142857	12,37339449	4,626605506	7,626605506	8,626605506
104	14,8571429	12,53528947	4,464710529	7,464710529	8,464710529
105	15	12,69765196	4,302348042	7,302348042	8,302348042
106	15,1428571	12,86043384	4,139566157	7,139566157	8,139566157
107	15,2857143	13,02358689	3,976413109	6,976413109	7,976413109
108	15,4285714	13,18706276	3,812937245	6,812937245	7,812937245
109	15,5714286	13,35081299	3,649187005	6,649187005	7,649187005
110	15,7142857	13,51478909	3,485210913	6,485210913	7,485210913
111	15,8571429	13,67894244	3,321057559	6,321057559	7,321057559
112	16	13,84322442	3,156775584	6,156775584	7,156775584
113	16,1428571	14,00758633	2,992413668	5,992413668	6,992413668
114	16,2857143	14,17197948	2,828020516	5,828020516	6,828020516
115	16,4285714	14,33635516	2,663644841	5,663644841	6,663644841
116	16,5714286	14,50066465	2,499335351	5,499335351	6,499335351
117	16,7142857	14,66485927	2,335140734	5,335140734	6,335140734
118	16,8571429	14,82889035	2,171109645	5,171109645	6,171109645
119	17	14,99270931	2,00729069	5,00729069	6,00729069
120	17,1428571	15,15626759	1,843732412	4,843732412	5,843732412
121	17,2857143	15,31951672	1,680483276	4,680483276	5,680483276
122	17,4285714	15,48240834	1,517591658	4,517591658	5,517591658
123	17,5714286	15,64489418	1,355105824	4,355105824	5,355105824
124	17,7142857	15,80692608	1,193073924	4,193073924	5,193073924
125	17,8571429	15,96845603	1,031543971	4,031543971	5,031543971
126	18	16,12943617	0,870563829	3,870563829	4,870563829
127	18,1428571	16,2898188	0,710181201	3,710181201	4,710181201
128	18,2857143	16,44955639	0,550443611	3,550443611	4,550443611
129	18,4285714	16,60860161	0,391398394	3,391398394	4,391398394
130	18,5714286	16,76690732	0,233092677	3,233092677	4,233092677
131	18,7142857	16,92442663	0,07557337	3,07557337	4,07557337
132	18,8571429	17,08111285	0	2,918887149	3,918887149
133	19	17,23691956	0	2,763080444	3,763080444
134	19,1428571	17,39180058	0	2,608199424	3,608199424

135	19,2857143	17,54571002	0	2,454289983	3,454289983
136	19,4285714	17,69860227	0	2,301397728	3,301397728
137	19,5714286	17,85043204	0	2,149567965	3,149567965
138	19,7142857	18,00115432	0	1,998845683	2,998845683
139	19,8571429	18,15072445	0	1,849275545	2,849275545
140	20	18,29909813	0	1,700901872	2,700901872
141	20,1428571	18,44623137	0	1,553768631	2,553768631
142	20,2857143	18,59208058	0	1,407919419	2,407919419
143	20,4285714	18,73660254	0	1,263397455	2,263397455
144	20,5714286	18,87975444	0	1,120245565	2,120245565
145	20,7142857	19,02149383	0	0,978506167	1,978506167
146	20,8571429	19,16177874	0	0,838221261	1,838221261
147	21	19,30056758	0	0,699432418	1,699432418
148	21,1428571	19,43781924	0	0,562180762	1,562180762
149	21,2857143	19,57349303	0	0,426506966	1,426506966
150	21,4285714	19,70754877	0	0,292451231	1,292451231
151	21,5714286	19,83994672	0	0,160053282	1,160053282
152	21,7142857	19,97064765	0	0,02935235	1,02935235
153	21,8571429	20,09961283	0	0	0,900387166
154	22	20,22680406	0	0	0,773195945
155	22,1428571	20,35218362	0	0	0,647816375
156	22,2857143	20,47571439	0	0	0,524285611
157	22,4285714	20,59735974	0	0	0,402640255
158	22,5714286	20,71708364	0	0	0,282916356
159	22,7142857	20,83485061	0	0	0,165149389
160	22,8571429	20,95062575	0	0	0,049374251
161	23	21,06437475	0	0	0
162	23,1428571	21,17606391	0	0	0
163	23,2857143	21,28566013	0	0	0
164	23,4285714	21,39313094	0	0	0
165	23,5714286	21,49844449	0	0	0
166	23,7142857	21,60156957	0	0	0
167	23,8571429	21,70247562	0	0	0
168	24	21,80113275	0	0	0
169	24,1428571	21,89751173	0	0	0
170	24,2857143	21,99158398	0	0	0
171	24,4285714	22,08332164	0	0	0
172	24,5714286	22,17269752	0	0	0
173	24,7142857	22,25968513	0	0	0
174	24,8571429	22,34425871	0	0	0
175	25	22,42639319	0	0	0
176	25,1428571	22,50606424	0	0	0
177	25,2857143	22,58324823	0	0	0
178	25,4285714	22,65792231	0	0	0
179	25,5714286	22,73006434	0	0	0
180	25,7142857	22,79965296	0	0	0
181	25,8571429	22,86666753	0	0	0

182	26	22,93108819	0	0	0
183	26,1428571	22,99289587	0	0	0
184	26,2857143	23,05207225	0	0	0
185	26,4285714	23,10859978	0	0	0
186	26,5714286	23,16246173	0	0	0
187	26,7142857	23,21364212	0	0	0
188	26,8571429	23,2621258	0	0	0
189	27	23,30789839	0	0	0
190	27,1428571	23,35094634	0	0	0
191	27,2857143	23,39125688	0	0	0
192	27,4285714	23,42881808	0	0	0
193	27,5714286	23,46361879	0	0	0
194	27,7142857	23,49564872	0	0	0
195	27,8571429	23,52489837	0	0	0
196	28	23,55135907	0	0	0
197	28,1428571	23,57502298	0	0	0
198	28,2857143	23,59588309	0	0	0
199	28,4285714	23,61393321	0	0	0
200	28,5714286	23,629168	0	0	0
201	28,7142857	23,64158295	0	0	0
202	28,8571429	23,65117437	0	0	0
203	29	23,65793943	0	0	0
204	29,1428571	23,66187611	0	0	0
205	29,2857143	23,66298326	0	0	0
206	29,4285714	23,66126054	0	0	0
207	29,5714286	23,65670847	0	0	0
208	29,7142857	23,64932838	0	0	0
209	29,8571429	23,63912248	0	0	0
210	30	23,62609379	0	0	0
211	30,1428571	23,61024615	0	0	0
212	30,2857143	23,59158428	0	0	0
213	30,4285714	23,5701137	0	0	0
214	30,5714286	23,54584078	0	0	0
215	30,7142857	23,5187727	0	0	0
216	30,8571429	23,48891748	0	0	0
217	31	23,45628398	0	0	0
218	31,1428571	23,42088186	0	0	0
219	31,2857143	23,38272162	0	0	0
220	31,4285714	23,34181456	0	0	0
221	31,5714286	23,2981728	0	0	0
222	31,7142857	23,25180927	0	0	0
223	31,8571429	23,20273772	0	0	0
224	32	23,15097269	0	0	0
225	32,1428571	23,09652951	0	0	0
226	32,2857143	23,03942431	0	0	0
227	32,4285714	22,97967402	0	0	0
228	32,5714286	22,91729635	0	0	0

229	32,7142857	22,85230977	0	0	0
230	32,8571429	22,78473355	0	0	0
231	33	22,7145877	0	0	0
232	33,1428571	22,64189302	0	0	0
233	33,2857143	22,56667105	0	0	0
234	33,4285714	22,48894407	0	0	0
235	33,5714286	22,40873511	0	0	0
236	33,7142857	22,32606795	0	0	0
237	33,8571429	22,24096709	0	0	0
238	34	22,15345773	0	0	0
239	34,1428571	22,0635658	0	0	0
240	34,2857143	21,97131796	0	0	0
241	34,4285714	21,87674152	0	0	0
242	34,5714286	21,77986453	0	0	0
243	34,7142857	21,68071567	0	0	0
244	34,8571429	21,57932434	0	0	0
245	35	21,47572057	0	0	0
246	35,1428571	21,36993507	0	0	0
247	35,2857143	21,26199918	0	0	0
248	35,4285714	21,1519449	0	0	0
249	35,5714286	21,03980482	0	0	0
250	35,7142857	20,92561217	0	0	0,074387825
251	35,8571429	20,80940081	0	0	0,190599191
252	36	20,69120516	0	0	0,308794844
253	36,1428571	20,57106024	0	0	0,428939761
254	36,2857143	20,44900166	0	0	0,550998341
255	36,4285714	20,32506558	0	0	0,674934415
256	36,5714286	20,19928874	0	0	0,800711258
257	36,7142857	20,0717084	0	0	0,9282916
258	36,8571429	19,94236236	0	0,057637635	1,057637635
259	37	19,81128896	0	0,188711037	1,188711037
260	37,1428571	19,67852704	0	0,321472964	1,321472964
261	37,2857143	19,54411592	0	0,455884077	1,455884077
262	37,4285714	19,40809545	0	0,591904547	1,591904547
263	37,5714286	19,27050593	0	0,729494067	1,729494067
264	37,7142857	19,13138813	0	0,868611868	1,868611868
265	37,8571429	18,99078327	0	1,009216726	2,009216726
266	38	18,84873302	0	1,151266976	2,151266976
267	38,1428571	18,70527947	0	1,294720526	2,294720526
268	38,2857143	18,56046513	0	1,439534867	2,439534867
269	38,4285714	18,41433291	0	1,585667089	2,585667089
270	38,5714286	18,26692611	0	1,733073888	2,733073888
271	38,7142857	18,11828842	0	1,881711585	2,881711585
272	38,8571429	17,96846387	0	2,031536135	3,031536135
273	39	17,81749686	0	2,182503142	3,182503142
274	39,1428571	17,66543213	0	2,334567872	3,334567872
275	39,2857143	17,51231474	0	2,487685264	3,487685264

276	39,4285714	17,35819005	0	2,641809946	3,641809946
277	39,5714286	17,20310375	0	2,796896248	3,796896248
278	39,7142857	17,04710179	0	2,952898215	3,952898215
279	39,8571429	16,89023038	0,109769619	3,109769619	4,109769619
280	40	16,73253602	0,267463976	3,267463976	4,267463976
281	40,1428571	16,57406544	0,425934559	3,425934559	4,425934559
282	40,2857143	16,41486559	0,585134408	3,585134408	4,585134408
283	40,4285714	16,25498365	0,74501635	3,74501635	4,74501635
284	40,5714286	16,09446699	0,905533007	3,905533007	4,905533007
285	40,7142857	15,93336318	1,066636816	4,066636816	5,066636816
286	40,8571429	15,77171996	1,228280038	4,228280038	5,228280038
287	41	15,60958523	1,390414774	4,390414774	5,390414774
288	41,1428571	15,44700702	1,552992981	4,552992981	5,552992981
289	41,2857143	15,28403352	1,715966483	4,715966483	5,715966483
290	41,4285714	15,12071301	1,879286988	4,879286988	5,879286988
291	41,5714286	14,9570939	2,042906099	5,042906099	6,042906099
292	41,7142857	14,79322467	2,206775334	5,206775334	6,206775334
293	41,8571429	14,62915387	2,370846134	5,370846134	6,370846134
294	42	14,46493012	2,535069882	5,535069882	6,535069882
295	42,1428571	14,30060209	2,699397914	5,699397914	6,699397914
296	42,2857143	14,13621846	2,863781536	5,863781536	6,863781536
297	42,4285714	13,97182796	3,028172039	6,028172039	7,028172039
298	42,5714286	13,80747929	3,192520709	6,192520709	7,192520709
299	42,7142857	13,64322115	3,356778847	6,356778847	7,356778847
300	42,8571429	13,47910222	3,52089778	6,52089778	7,52089778
301	43	13,31517113	3,684828874	6,684828874	7,684828874
302	43,1428571	13,15147644	3,848523555	6,848523555	7,848523555
303	43,2857143	12,98806668	4,011933316	7,011933316	8,011933316
304	43,4285714	12,82499027	4,175009735	7,175009735	8,175009735
305	43,5714286	12,66229551	4,337704489	7,337704489	8,337704489
306	43,7142857	12,50003063	4,499969367	7,499969367	8,499969367
307	43,8571429	12,33824371	4,661756288	7,661756288	8,661756288
308	44	12,17698269	4,823017311	7,823017311	8,823017311
309	44,1428571	12,01629535	4,983704649	7,983704649	8,983704649
310	44,2857143	11,85622931	5,143770689	8,143770689	9,143770689
311	44,4285714	11,696832	5,303167999	8,303167999	9,303167999
312	44,5714286	11,53815065	5,461849347	8,461849347	9,461849347
313	44,7142857	11,38023229	5,619767711	8,619767711	9,619767711
314	44,8571429	11,2231237	5,776876297	8,776876297	9,776876297
315	45	11,06687145	5,93312855	8,93312855	9,93312855
316	45,1428571	10,91152183	6,08847817	9,08847817	10,08847817
317	45,2857143	10,75712088	6,242879122	9,242879122	10,24287912
318	45,4285714	10,60371434	6,396285655	9,396285655	10,39628566
319	45,5714286	10,45134769	6,548652312	9,548652312	10,54865231
320	45,7142857	10,30006606	6,699933941	9,699933941	10,69993394
321	45,8571429	10,14991428	6,850085716	9,850085716	10,85008572
322	46	10,00093686	6,999063144	9,999063144	10,99906314

323	46,1428571	9,853177922	7,146822078	10,14682208	11,14682208
324	46,2857143	9,706681265	7,293318735	10,29331874	11,29331874
325	46,4285714	9,561490295	7,438509705	10,4385097	11,4385097
326	46,5714286	9,417648036	7,582351964	10,58235196	11,58235196
327	46,7142857	9,275197111	7,724802889	10,72480289	11,72480289
328	46,8571429	9,134179731	7,865820269	10,86582027	11,86582027
329	47	8,994637683	8,005362317	11,00536232	12,00536232
330	47,1428571	8,856612316	8,143387684	11,14338768	12,14338768
331	47,2857143	8,72014453	8,27985547	11,27985547	12,27985547
332	47,4285714	8,585274764	8,414725236	11,41472524	12,41472524
333	47,5714286	8,452042982	8,547957018	11,54795702	12,54795702
334	47,7142857	8,320488663	8,679511337	11,67951134	12,67951134
335	47,8571429	8,190650791	8,809349209	11,80934921	12,80934921
336	48	8,062567838	8,937432162	11,93743216	12,93743216
337	48,1428571	7,936277759	9,063722241	12,06372224	13,06372224
338	48,2857143	7,811817976	9,188182024	12,18818202	13,18818202
339	48,4285714	7,689225369	9,310774631	12,31077463	13,31077463
340	48,5714286	7,568536265	9,431463735	12,43146373	13,43146373
341	48,7142857	7,449786427	9,550213573	12,55021357	13,55021357
342	48,8571429	7,333011043	9,666988957	12,66698896	13,66698896
343	49	7,218244716	9,781755284	12,78175528	13,78175528
344	49,1428571	7,105521454	9,894478546	12,89447855	13,89447855
345	49,2857143	6,994874658	10,00512534	13,00512534	14,00512534
346	49,4285714	6,886337117	10,11366288	13,11366288	14,11366288
347	49,5714286	6,779940992	10,22005901	13,22005901	14,22005901
348	49,7142857	6,67571781	10,32428219	13,32428219	14,32428219
349	49,8571429	6,573698456	10,42630154	13,42630154	14,42630154
350	50	6,473913159	10,52608684	13,52608684	14,52608684
351	50,1428571	6,376391489	10,62360851	13,62360851	14,62360851
352	50,2857143	6,281162342	10,71883766	13,71883766	14,71883766
353	50,4285714	6,188253938	10,81174606	13,81174606	14,81174606
354	50,5714286	6,097693807	10,90230619	13,90230619	14,90230619
355	50,7142857	6,009508784	10,99049122	13,99049122	14,99049122
356	50,8571429	5,923725001	11,076275	14,076275	15,076275
357	51	5,840367876	11,15963212	14,15963212	15,15963212
358	51,1428571	5,759462111	11,24053789	14,24053789	15,24053789
359	51,2857143	5,681031679	11,31896832	14,31896832	15,31896832
360	51,4285714	5,605099821	11,39490018	14,39490018	15,39490018
361	51,5714286	5,531689038	11,46831096	14,46831096	15,46831096
362	51,7142857	5,460821082	11,53917892	14,53917892	15,53917892
363	51,8571429	5,392516953	11,60748305	14,60748305	15,60748305
364	52	5,326796892	11,67320311	14,67320311	15,67320311
365	52,1428571	5,263680372	11,73631963	14,73631963	15,73631963

Πίνακας II Υπολογισμός Απαιτούμενης Ενέργειας ανά ημέρα για θερμοκρασία εσωτερικού χώρου 17°C, 20°C και 21°C

Αριθμός Ημέρας	Αριθμός Εβδομάδας	Απαιτούμενη Ενέργεια ανά ημέρα (TJ) (17°C)	Απαιτούμενη Ενέργεια ανά ημέρα (TJ) (20°C)	Απαιτούμενη Ενέργεια ανά ημέρα (TJ) (21°C)
1	0,142857143	2,76984193	3,474229199	3,709024956
2	0,285714286	2,783425825	3,487813094	3,72260885
3	0,428571429	2,796385793	3,500773062	3,735568819
4	0,571428571	2,808717996	3,513105265	3,747901021
5	0,714285714	2,820418777	3,524806047	3,759601803
6	0,857142857	2,831484671	3,535871941	3,770667697
7	1	2,841912399	3,546299668	3,781095424
8	1,142857143	2,851698869	3,556086138	3,790881895
9	1,285714286	2,860841183	3,565228452	3,800024208
10	1,428571429	2,869336631	3,5737239	3,808519656
11	1,571428571	2,877182695	3,581569965	3,816365721
12	1,714285714	2,884377052	3,588764321	3,823560077
13	1,857142857	2,890917569	3,595304838	3,830100594
14	2	2,896802307	3,601189576	3,835985333
15	2,142857143	2,902029524	3,606416793	3,841212549
16	2,285714286	2,90659767	3,610984939	3,845780695
17	2,428571429	2,910505391	3,61489266	3,849688417
18	2,571428571	2,91375153	3,618138799	3,852934556
19	2,714285714	2,916335125	3,620722394	3,855518151
20	2,857142857	2,91825541	3,622642679	3,857438436
21	3	2,919511816	3,623899085	3,858694842
22	3,142857143	2,920103971	3,62449124	3,859286997
23	3,285714286	2,920031699	3,624418969	3,859214725
24	3,428571429	2,919295022	3,623682292	3,858478048
25	3,571428571	2,917894159	3,622281428	3,857077184
26	3,714285714	2,915829523	3,620216792	3,855012548
27	3,857142857	2,913101727	3,617488996	3,852284753
28	4	2,90971158	3,614098849	3,848894605
29	4,142857143	2,905660085	3,610047354	3,844843111
30	4,285714286	2,900948444	3,605335713	3,84013147
31	4,428571429	2,895578053	3,599965322	3,834761078
32	4,571428571	2,889550502	3,593937771	3,828733527
33	4,714285714	2,882867578	3,587254847	3,822050604
34	4,857142857	2,875531262	3,579918531	3,814714287
35	5	2,867543727	3,571930996	3,806726752
36	5,142857143	2,85890734	3,563294609	3,798090365
37	5,285714286	2,84962466	3,554011929	3,788807685
38	5,428571429	2,839698438	3,544085707	3,778881464
39	5,571428571	2,829131615	3,533518885	3,768314641
40	5,714285714	2,817927323	3,522314592	3,757110349
41	5,857142857	2,806088882	3,510476151	3,745271907

42	6	2,793619798	3,498007068	3,732802824
43	6,142857143	2,780523769	3,484911038	3,719706794
44	6,285714286	2,766804673	3,471191942	3,705987698
45	6,428571429	2,752466576	3,456853845	3,691649602
46	6,571428571	2,737513728	3,441900997	3,676696753
47	6,714285714	2,721950558	3,426337827	3,661133583
48	6,857142857	2,705781678	3,410168947	3,644964704
49	7	2,689011881	3,39339915	3,628194906
50	7,142857143	2,671646134	3,376033403	3,610829159
51	7,285714286	2,653689584	3,358076853	3,59287261
52	7,428571429	2,635147552	3,339534821	3,574330577
53	7,571428571	2,616025532	3,320412801	3,555208557
54	7,714285714	2,59632919	3,300716459	3,535512215
55	7,857142857	2,576064363	3,280451632	3,515247388
56	8	2,555237055	3,259624325	3,494420081
57	8,142857143	2,53385344	3,238240709	3,473036465
58	8,285714286	2,511919851	3,21630712	3,451102877
59	8,428571429	2,48944279	3,193830059	3,428625816
60	8,571428571	2,466428917	3,170816186	3,405611942
61	8,714285714	2,44288505	3,147272319	3,382068076
62	8,857142857	2,418818167	3,123205437	3,358001193
63	9	2,3942354	3,098622669	3,333418425
64	9,142857143	2,369144032	3,073531301	3,308327057
65	9,285714286	2,343551498	3,047938767	3,282734524
66	9,428571429	2,317465383	3,021852652	3,256648409
67	9,571428571	2,290893416	2,995280685	3,230076442
68	9,714285714	2,263843471	2,96823074	3,203026497
69	9,857142857	2,236323564	2,940710833	3,175506589
70	10	2,208341848	2,912729118	3,147524874
71	10,14285714	2,179906617	2,884293886	3,119089643
72	10,28571429	2,151026296	2,855413565	3,090209321
73	10,42857143	2,121709442	2,826096711	3,060892467
74	10,57142857	2,091964743	2,796352012	3,031147768
75	10,71428571	2,061801013	2,766188282	3,000984038
76	10,85714286	2,03122719	2,735614459	2,970410215
77	11	2,000252333	2,704639602	2,939435359
78	11,14285714	1,968885622	2,673272891	2,908068648
79	11,28571429	1,937136351	2,64152362	2,876319376
80	11,42857143	1,905013928	2,609401197	2,844196953
81	11,57142857	1,872527871	2,57691514	2,811710896
82	11,71428571	1,839687807	2,544075076	2,778870832
83	11,85714286	1,806503466	2,510890736	2,745686492
84	12	1,772984683	2,477371953	2,712167709
85	12,14285714	1,73914139	2,443528659	2,678324416
86	12,28571429	1,704983615	2,409370884	2,64416664
87	12,42857143	1,670521479	2,374908748	2,609704505
88	12,57142857	1,635765195	2,340152464	2,574948221
89	12,71428571	1,600725062	2,305112331	2,539908087

90	12,85714286	1,565411462	2,269798732	2,504594488
91	13	1,529834861	2,23422213	2,469017886
92	13,14285714	1,494005799	2,198393069	2,433188825
93	13,28571429	1,457934895	2,162322164	2,397111792
94	13,42857143	1,421632836	2,126020105	2,360815862
95	13,57142857	1,38511038	2,089497649	2,324293406
96	13,71428571	1,348378349	2,052765618	2,287561374
97	13,85714286	1,311447627	2,015834897	2,250630653
98	14	1,274329159	1,978716428	2,213512184
99	14,14285714	1,237033942	1,941421211	2,176216968
100	14,28571429	1,199573029	1,903960298	2,138756054
101	14,42857143	1,161957519	1,866344789	2,101140545
102	14,57142857	1,12419856	1,828585829	2,063381586
103	14,71428571	1,086307339	1,790694609	2,025490365
104	14,85714286	1,048295086	1,752682355	1,987478111
105	15	1,010173063	1,714560332	1,949356088
106	15,14285714	0,971952567	1,676339836	1,911135592
107	15,28571429	0,933644924	1,638032193	1,872827949
108	15,42857143	0,895261484	1,599648754	1,83444451
109	15,57142857	0,856813623	1,561200892	1,795996649
110	15,71428571	0,818312733	1,522700002	1,757495758
111	15,85714286	0,779770222	1,484157491	1,718953247
112	16	0,741197511	1,44558478	1,680380536
113	16,14285714	0,702606031	1,4069933	1,641789056
114	16,28571429	0,664007216	1,368394485	1,603190242
115	16,42857143	0,625412505	1,329799774	1,564595531
116	16,57142857	0,586833334	1,291220603	1,52601636
117	16,71428571	0,548281135	1,252668404	1,487464161
118	16,85714286	0,509767331	1,214154601	1,448950357
119	17	0,471303336	1,175690605	1,410486362
120	17,14285714	0,432900546	1,137287815	1,372083572
121	17,28571429	0,394570342	1,098957611	1,333753368
122	17,42857143	0,356324081	1,06071135	1,295507107
123	17,57142857	0,318173097	1,022560366	1,257356123
124	17,71428571	0,280128694	0,984515964	1,21931172
125	17,85714286	0,242202147	0,946589416	1,181385172
126	18	0,204404693	0,908791962	1,143587718
127	18,14285714	0,166747532	0,871134801	1,105930558
128	18,28571429	0,129241824	0,833629093	1,06842485
129	18,42857143	0,091898682	0,796285951	1,031081707
130	18,57142857	0,054729171	0,759116441	0,993912197
131	18,71428571	0,017744306	0,722131576	0,956927332
132	18,85714286	0	0,685342316	0,920138072
133	19	0	0,648759563	0,883555319
134	19,14285714	0	0,612394157	0,847189913
135	19,28571429	0	0,576256873	0,811052629
136	19,42857143	0	0,54035842	0,775154177
137	19,57142857	0	0,504709436	0,739505193

138	19,71428571	0	0,469320484	0,70411624
139	19,85714286	0	0,43420205	0,668997807
140	20	0	0,399364542	0,634160298
141	20,14285714	0	0,364818281	0,599614037
142	20,28571429	0	0,330573505	0,565369261
143	20,42857143	0	0,296640361	0,531436118
144	20,57142857	0	0,263028905	0,497824661
145	20,71428571	0	0,229749096	0,464544852
146	20,85714286	0	0,196810795	0,431606551
147	21	0	0,164223764	0,39901952
148	21,14285714	0	0,131997657	0,366793414
149	21,28571429	0	0,100142026	0,334937782
150	21,42857143	0	0,068666308	0,303462064
151	21,57142857	0	0,037579831	0,272375588
152	21,71428571	0	0,006891807	0,241687564
153	21,85714286	0	0	0,211407086
154	22	0	0	0,181543127
155	22,14285714	0	0	0,152104536
156	22,28571429	0	0	0,123100036
157	22,42857143	0	0	0,094538223
158	22,57142857	0	0	0,06642756
159	22,71428571	0	0	0,038776376
160	22,85714286	0	0	0,011592865
161	23	0	0	0
162	23,14285714	0	0	0
163	23,28571429	0	0	0
164	23,42857143	0	0	0
165	23,57142857	0	0	0
166	23,71428571	0	0	0
167	23,85714286	0	0	0
168	24	0	0	0
169	24,14285714	0	0	0
170	24,28571429	0	0	0
171	24,42857143	0	0	0
172	24,57142857	0	0	0
173	24,71428571	0	0	0
174	24,85714286	0	0	0
175	25	0	0	0
176	25,14285714	0	0	0
177	25,28571429	0	0	0
178	25,42857143	0	0	0
179	25,57142857	0	0	0
180	25,71428571	0	0	0
181	25,85714286	0	0	0
182	26	0	0	0
183	26,14285714	0	0	0
184	26,28571429	0	0	0
185	26,42857143	0	0	0

186	26,57142857	0	0	0
187	26,71428571	0	0	0
188	26,85714286	0	0	0
189	27	0	0	0
190	27,14285714	0	0	0
191	27,28571429	0	0	0
192	27,42857143	0	0	0
193	27,57142857	0	0	0
194	27,71428571	0	0	0
195	27,85714286	0	0	0
196	28	0	0	0
197	28,14285714	0	0	0
198	28,28571429	0	0	0
199	28,42857143	0	0	0
200	28,57142857	0	0	0
201	28,71428571	0	0	0
202	28,85714286	0	0	0
203	29	0	0	0
204	29,14285714	0	0	0
205	29,28571429	0	0	0
206	29,42857143	0	0	0
207	29,57142857	0	0	0
208	29,71428571	0	0	0
209	29,85714286	0	0	0
210	30	0	0	0
211	30,14285714	0	0	0
212	30,28571429	0	0	0
213	30,42857143	0	0	0
214	30,57142857	0	0	0
215	30,71428571	0	0	0
216	30,85714286	0	0	0
217	31	0	0	0
218	31,14285714	0	0	0
219	31,28571429	0	0	0
220	31,42857143	0	0	0
221	31,57142857	0	0	0
222	31,71428571	0	0	0
223	31,85714286	0	0	0
224	32	0	0	0
225	32,14285714	0	0	0
226	32,28571429	0	0	0
227	32,42857143	0	0	0
228	32,57142857	0	0	0
229	32,71428571	0	0	0
230	32,85714286	0	0	0
231	33	0	0	0
232	33,14285714	0	0	0
233	33,28571429	0	0	0

234	33,42857143	0	0	0
235	33,57142857	0	0	0
236	33,71428571	0	0	0
237	33,85714286	0	0	0
238	34	0	0	0
239	34,14285714	0	0	0
240	34,28571429	0	0	0
241	34,42857143	0	0	0
242	34,57142857	0	0	0
243	34,71428571	0	0	0
244	34,85714286	0	0	0
245	35	0	0	0
246	35,14285714	0	0	0
247	35,28571429	0	0	0
248	35,42857143	0	0	0
249	35,57142857	0	0	0
250	35,71428571	0	0	0,017465946
251	35,85714286	0	0	0,044751881
252	36	0	0	0,072503719
253	36,14285714	0	0	0,100713236
254	36,28571429	0	0	0,129372072
255	36,42857143	0	0	0,158471737
256	36,57142857	0	0	0,188003606
257	36,71428571	0	0	0,217958928
258	36,85714286	0	0,013533072	0,248328829
259	37	0	0,044308551	0,279104307
260	37,14285714	0	0,075480488	0,310276244
261	37,28571429	0	0,107039647	0,341835403
262	37,42857143	0	0,138976676	0,373772432
263	37,57142857	0	0,171282111	0,406077868
264	37,71428571	0	0,203946381	0,438742137
265	37,85714286	0	0,236959805	0,471755561
266	38	0	0,2703126	0,505108357
267	38,14285714	0	0,303994885	0,538790642
268	38,28571429	0	0,337996678	0,572792434
269	38,42857143	0	0,372307903	0,60710366
270	38,57142857	0	0,406918394	0,641714151
271	38,71428571	0	0,441817895	0,676613651
272	38,85714286	0	0,476996063	0,71179182
273	39	0	0,512442476	0,747238233
274	39,14285714	0	0,548146629	0,782942386
275	39,28571429	0	0,584097943	0,8188937
276	39,42857143	0	0,620285765	0,855081521
277	39,57142857	0	0,65669937	0,891495127
278	39,71428571	0	0,69332797	0,928123726
279	39,85714286	0,025773441	0,73016071	0,964956466
280	40	0,062799407	0,767186676	1,001982432
281	40,14285714	0,100007627	0,804394896	1,039190652

282	40,28571429	0,137387076	0,841774345	1,076570101
283	40,42857143	0,174926677	0,879313946	1,114109703
284	40,57142857	0,212615307	0,917002577	1,151798333
285	40,71428571	0,250441798	0,954829067	1,189624824
286	40,85714286	0,288394941	0,99278221	1,227577966
287	41	0,326463489	1,030850758	1,265646514
288	41,14285714	0,364636162	1,069023431	1,303819187
289	41,28571429	0,402901648	1,107288918	1,342084674
290	41,42857143	0,44124861	1,145635879	1,380431635
291	41,57142857	0,479665683	1,184052952	1,418848708
292	41,71428571	0,518141484	1,222528753	1,457324509
293	41,85714286	0,556664611	1,261051881	1,495847637
294	42	0,59522365	1,29961092	1,534406676
295	42,14285714	0,633807175	1,338194444	1,572990201
296	42,28571429	0,672403752	1,376791021	1,611586778
297	42,42857143	0,711001944	1,415389214	1,65018497
298	42,57142857	0,749590315	1,453977584	1,68877334
299	42,71428571	0,788157428	1,492544698	1,727340454
300	42,85714286	0,826691857	1,531079127	1,765874883
301	43	0,865182183	1,569569452	1,804365208
302	43,14285714	0,903616999	1,608004268	1,842800025
303	43,28571429	0,941984918	1,646372187	1,881167943
304	43,42857143	0,980274569	1,684661838	1,919457594
305	43,57142857	1,018474606	1,722861876	1,957657632
306	43,71428571	1,056573711	1,76096098	1,995756737
307	43,85714286	1,094560594	1,798947863	2,033743619
308	44	1,132423998	1,836811267	2,071607023
309	44,14285714	1,170152703	1,874539972	2,109335728
310	44,28571429	1,20773553	1,912122799	2,146918555
311	44,42857143	1,245161342	1,949548611	2,184344367
312	44,57142857	1,282419049	1,986806318	2,221602074
313	44,71428571	1,31949761	2,02388488	2,258680636
314	44,85714286	1,35638604	2,060773309	2,295569065
315	45	1,393073406	2,097460675	2,332256431
316	45,14285714	1,429548837	2,133936106	2,368731863
317	45,28571429	1,465801526	2,170188795	2,404984551
318	45,42857143	1,501820729	2,206207998	2,441003754
319	45,57142857	1,537595773	2,241983042	2,476778798
320	45,71428571	1,573116058	2,277503327	2,512299083
321	45,85714286	1,608371057	2,312758326	2,547554083
322	46	1,643350325	2,347737594	2,582533335
323	46,14285714	1,678043496	2,382430765	2,617226521
324	46,28571429	1,712440289	2,416827558	2,651623315
325	46,42857143	1,746530513	2,450917782	2,685713538
326	46,57142857	1,780304065	2,484691334	2,71948709
327	46,71428571	1,813750937	2,518138207	2,752933963
328	46,85714286	1,84686122	2,551248489	2,786044245
329	47	1,879625101	2,58401237	2,818808126

330	47,14285714	1,912032871	2,61642014	2,851215896
331	47,28571429	1,944074928	2,648462197	2,883257953
332	47,42857143	1,975741777	2,680129046	2,914924802
333	47,57142857	2,007024034	2,711411303	2,946207059
334	47,71428571	2,037912429	2,742299699	2,977095455
335	47,85714286	2,068397811	2,77278508	3,007580837
336	48	2,098471145	2,802858414	3,03765417
337	48,14285714	2,128123519	2,832510789	3,067306545
338	48,28571429	2,157346148	2,861733417	3,096529174
339	48,42857143	2,186130372	2,890517641	3,125313398
340	48,57142857	2,214467661	2,918854931	3,153650687
341	48,71428571	2,24234962	2,946736889	3,181532645
342	48,85714286	2,269767984	2,974155253	3,20895101
343	49	2,296714631	3,0011019	3,235897656
344	49,14285714	2,323181574	3,027568844	3,2623646
345	49,28571429	2,349160972	3,053548242	3,288343998
346	49,42857143	2,374645127	3,079032396	3,313828152
347	49,57142857	2,399626485	3,104013754	3,338809511
348	49,71428571	2,424097646	3,128484915	3,363280672
349	49,85714286	2,448051357	3,152438627	3,387234383
350	50	2,471480522	3,175867791	3,410663547
351	50,14285714	2,494378196	3,198765465	3,433561222
352	50,28571429	2,516737596	3,221124865	3,455920621
353	50,42857143	2,538552095	3,242939364	3,47773512
354	50,57142857	2,559815229	3,264202498	3,498998255
355	50,71428571	2,580520698	3,284907967	3,519703724
356	50,85714286	2,600662366	3,305049636	3,539845392
357	51	2,620234266	3,324621535	3,559417291
358	51,14285714	2,639230596	3,343617865	3,578413622
359	51,28571429	2,657645729	3,362032998	3,596828754
360	51,42857143	2,675474207	3,379861476	3,614657232
361	51,57142857	2,692710747	3,397098016	3,631893773
362	51,71428571	2,709350242	3,413737511	3,648533268
363	51,85714286	2,725387762	3,429775031	3,664570787
364	52	2,740818553	3,445205822	3,680001579
365	52,14285714	2,755638044	3,460025314	3,69482107