

**ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ  
ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΟΥΣ  
ΝΟΜΟΥΣ ΡΟΔΟΠΗΣ ΚΑΙ ΕΒΡΟΥ**

**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2.1.	Ποιοτικά χαρακτηριστικά υπολειμμάτων καλλιεργειών .....	4
2.2.	Στάδια αξιοποίησης της βιομάζας .....	5
2.2.1.	Συλλογή της βιομάζας από τους αγρούς και συσκευασία.....	5
2.2.2.	Μεταφορά της βιομάζας .....	6
2.2.3.	Αποθήκευση της βιομάζας.....	6
2.2.4.	Προετοιμασία της βιομάζας για επεξεργασία .....	6
2.3.	Συγκέντρωση βιομάζας διαφόρων τύπων και σχετικά κόστη.....	7
2.3.1.	Άχυρο χειμερινών σιτηρών.....	7
2.3.2.	Υπολείμματα καλαμποκιού .....	8
2.3.3.	Στελέχη βαμβακιού.....	8
2.3.4.	Κλαδιά δένδρων μετά το κλάδεμα .....	9
2.3.5.	Υπολείμματα υλοτομιών.....	10
3.1.	Βιομάζα από γεωργικές εκμεταλλεύσεις .....	11
3.2.	Βιομάζα από βιομηχανικές δραστηριότητες.....	12
3.3.	Σύνοψη δυναμικού βιομάζας.....	13
4.1.	Τα προϊόντα και η διάθεσή τους.....	17
4.2.	Σενάρια που εξετάζονται .....	17
4.2.1.	Σενάριο Ι (Βασικό Σενάριο).....	17
4.2.2.	Σενάριο ΙΙ.....	17
4.2.3.	Μονάδα Συμπαγωγής με βιομάζα.....	18
4.2.4.	Σύστημα τηλεθέρμανσης .....	23
4.2.5.	Θερμοκήπιο .....	24
4.2.6.	Ξηραντήριο μηδικής .....	25
4.2.7.	Λειτουργία του συγκροτήματος.....	26
5.1.	Σενάριο Ι.....	29
5.1.1.	Ευαισθησία στο κόστος της βιομάζας .....	29
5.1.2.	Ευαισθησία στην τιμή πώλησης της θερμότητας.....	30
5.1.3.	Ευαισθησία στο επενδυτικό κόστος.....	31
5.1.4.	Ευαισθησία στο λειτουργικό κόστος πλην καυσίμου .....	31
5.2.	Σενάριο ΙΙ .....	31
5.2.1.	Ευαισθησία στο κόστος της βιομάζας .....	32
5.2.2.	Ευαισθησία στην τιμή πώλησης της θερμότητας.....	32
5.2.3.	Ευαισθησία στο επενδυτικό κόστος.....	33
5.2.4.	Ευαισθησία στο λειτουργικό κόστος πλην καυσίμου .....	33
6.1.	Συνοπτική περιγραφή των μονάδων.....	34
6.2.	Οικονομικότητα των επενδύσεων.....	34
6.3.	Κρίσιμοι παράγοντες .....	35
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:	.....	37

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πλαίσιο της προσπάθειας ανάπτυξης της Θράκης, η Υπερνομαρχία Ροδόπης-Έβρου ανέθεσε στην εταιρεία ΙΤΑ μια προκαταρκτική μελέτη οικονομικότητας μιας μονάδας Συμπαγωγής-Ηλεκτρισμού Θερμότητας (ΣΗΘ) στην περιοχή, η οποία θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο βιομάζα, που παράγεται στην περιοχή.

Μια τέτοια μονάδα θα αξιοποιεί μέρος των υπολειμμάτων των γεωργικών, υλοτομικών κ.λπ. δραστηριοτήτων της περιοχής. Επί πλέον η μονάδα αυτή μπορεί να προωθήσει εναλλακτικές καλλιέργειες (π.χ. ενεργειακών φυτών), δεδομένου ότι ορισμένες από τις παραδοσιακές καλλιέργειες αναμένεται να καταστούν αντικοινωνικές με τις προβλέψεις της νέας Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (κατάργηση της επιδότησης στο προϊόν, επιδότηση της έκτασης επί ορισμένα χρόνια). Οι ευνοϊκές ρυθμίσεις του Αναπτυξιακού Νόμου 3299/2004, που επιχορηγούν την κατασκευή της μονάδας κατά 55% αναμένεται να εξασφαλίσουν ελκυστικά οικονομικά αποτελέσματα στους επενδυτές.

Η μελέτη περιλαμβάνει δύο σκέλη:

1. Εκτίμηση της ποσότητας βιομάζας που υπάρχει στον κάθε νομό, ανά Δήμο και ανά είδος καλλιέργειας, με βάση υπάρχοντα στοιχεία (καλλιεργούμενες εκτάσεις, είδος καλλιεργειών, παραγωγές). Εκτίμηση ποσοτήτων ανά Δήμο σε κάθε Νομό. Προκειμένου να εξασφαλίζονται ρεαλιστικά αποτελέσματα, η μελέτη έχει βασιστεί στις υφιστάμενες καλλιέργειες.
2. Εκτίμηση οικονομικότητας-βιωσιμότητας μιας μονάδας συμπαγωγής σε κατάλληλο σημείο και με κατάλληλες υποθέσεις για τη διάθεση της παραγόμενης θερμότητας. Ποιες είναι οι υποθέσεις.

Πρόκειται για μια προκαταρκτική μελέτη, η οποία εξετάζει τη βιωσιμότητα με βασικές παραδοχές για τις διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν την οικονομικότητα της μονάδας. Οι κυριότερες από τις παραμέτρους αυτές είναι:

- Η ποιότητα της βιομάζας
- Το κόστος της βιομάζας (στο εργοστάσιο)
- Οι δυνατότητες πώλησης της θερμικής ενέργειας που παράγεται και οι σχετικές τιμές.

Οι εκτιμήσεις που έγιναν σε όλες τις περιπτώσεις είναι ελαφρώς συντηρητικές. Βεβαίως εξετάζεται και η ευαισθησία των αποτελεσμάτων στις τιμές των παραμέτρων.

## 2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ

### 2.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά υπολειμμάτων καλλιεργειών

Η βιομάζα απαντάται σε μια μεγάλη ποικιλία μορφών (στελέχη φυτών, κλαδιά-κορμοί δέντρων, κ.λπ.), ποιοτήτων (υγρασία, μέγεθος, σύσταση κ.λπ.) και πυκνότητας ανά μονάδα επιφάνειας.

Οι ιδιότητες της βιομάζας που επηρεάζουν τον τρόπο συγκομιδής και γενικότερα αξιοποίησης για παραγωγή ενέργειας είναι:

- η παραγωγή στη μονάδα της επιφάνειας, που καθορίζει την οικονομικότητα της αξιοποίησης
- η θερμογόνος δύναμη του υλικού, που επίσης καθορίζει την οικονομικότητα της αξιοποίησης
- Η υγρασία του υλικού που καθορίζει όχι μόνο τη δυσκολία αποθήκευσης και την ανάγκη ξήρανσης αλλά και την καταλληλότερη μέθοδο μετατροπής. Ξηρή βιομάζα (κάτω του 35% υγρασία) είναι κατάλληλη για θερμοχημικές μεθόδους μετατροπής ενώ υγρή είναι καταλληλότερη για βιοχημικές.
- Η μορφή με την οποία βρίσκεται στο χωράφι. Αυτή καθορίζει η διαδικασία συγκομιδής π.χ. άμεση συγκομιδή, ή μετά από κοπή, εκρίζωση κ.λπ.

Στους Πίνακες 2.1 και 2.2 δίνονται στοιχεία για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της βιομάζας από υπολείμματα ελληνικών καλλιεργειών.

#### Πίνακας 2.1 Παραγωγή και ιδιότητες βιομάζας

Είδος	Μέρος φυτού	Υγρασία μετά τη συγκομιδή %	Παραγωγή μαζί με υγρασία (kg/στρ.)	Παραγωγή ξηράς ουσίας (kg/στρ.)	Θερμογόνος Δύναμη MJ/kg ΞΟ
Καλαμπόκι	Σύνολο	14,7	1184	1010	18,0
	Ρόκα	16,5	132	110	18,5
Βαμβάκι	Υπέργειο	39,9	355	254	18,0
	Ρίζα	55,7	130	58	18,5
Ηλίανθος	Σύνολο	20,3	417	332	17,3
Αχυρο σίτου	5-10	5	230	217	18,5
Αχυρο κριθής	5-10	5	130	120	18,2
Υπολείμματα τομάτας		14,5	53,7	46,9	17,3

#### Πίνακας 2.2 Παραγωγή και φυσικά χαρακτηριστικά υπολειμμάτων κλαδέματος

Φυτό	Υγρασία %	Παραγωγή σε υγρό kg/στρ	Παραγωγή σε ξηρό (kg/στρ)	Θ.Δ. MJ/kg	Χονδρά κλαδιά %	Λεπτά κλαδιά %
Ελιά	723	454,2	37,2	19,0	66	34
Αχλαδιά	960	492,5	48,7	18,7	51	49
Βερικοκιά	1226	550,2	55,1	17,8	71	29
Ροδακινιά	972	462	52,1	18,8	70	30
Αμπέλι	755	513	32,1	18,7		100
Λεμονιά	1058	460,2	56,8	18,1	61	39
Πορτοκαλιά	1120	577,2	48,4	18,5	57	43

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της βιομάζας είναι η διαθεσιμότητα στη διάρκεια του έτους. Όπως είναι γνωστό η γεωργική παραγωγή υπάρχει ορισμένες εποχές του έτους ενώ οι ανάγκες σε ενέργεια είναι συνεχείς. Η αποθήκευση της βιομάζας για μεγάλες περιόδους δημιουργεί μεγάλες ανάγκες σε αποθηκευτικούς χώρους με ανάλογο κόστος. Η καλύτερη λύση είναι να χρησιμοποιηθεί βιομάζα που παράγεται είτε όλο το χρόνο π.χ. υπολείμματα βιομηχανίας ξύλου είτε διαδοχικά διάφορες μορφές βιομάζας που παράγονται στη διάρκεια του έτους. Ένας συνδυασμός διαφόρων μορφών βιομάζας μπορεί να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση της αποθήκευσης και του αντίστοιχου κόστους.

Ο Πίνακας 2.3 δίνει μια εικόνα της παραγωγής υπολειμμάτων καλλιεργειών στη διάρκεια του έτους.

### Πίνακας 2.3 Χρόνοι παραγωγής βιομάζας από υπολείμματα καλλιεργειών και βιομηχανίας στη διάρκεια του έτους (μήνες 1-12)

Μήνες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Άχυρο Σιτηρών												
Άχυρο Καλαμποκιού – Ηλίανθος												
Βαμβακιές												
Κλαδέματα δένδρων												
Υπολείμματα Υλοτομιών												
Υπολείμματα εκκοκκιστηρίων												

Με τον όρο στοιχειακή ανάλυση εννοούμε τον προσδιορισμό των ποσοστών περιεκτικότητας σε ορισμένα στοιχεία. Ο άνθρακας και το υδρογόνο είναι τα δυο στοιχεία τα οποία καίγονται και η ποσότητα του οξυγόνου που χρειάζεται για να γίνει η καύση ενός υλικού. Η ύπαρξη οξυγόνου στο μόριο των ενώσεων σημαίνει ότι χρειαζόμαστε λιγότερες ποσότητες οξυγόνου για να κάνουμε μια συγκεκριμένη μετατροπή. Στοιχεία όπως τα θείο και το άζωτο πρέπει να είναι επίσης γνωστά διότι αυτά ενωμένα με οξυγόνο ή το θείο με υδρογόνο μπορεί να δημιουργήσουν ενώσεις οι οποίες είτε ρυπαίνουν το περιβάλλον είτε προκαλούν δυσσομία κάτι που είναι ανεπιθύμητο. Τέλος σημαντικό στοιχείο είναι το ποσοστό στάχτης δηλαδή των αλάτων που περιέχει η βιομάζα που είναι ένα ουσιαστικό στοιχείο όταν για την μετατροπή χρησιμοποιείται η μέθοδος της καύσης διότι θα πρέπει να υπολογιστεί η ποσότητα της στάχτης η οποία πρέπει εν συνέχεια να διαχειριστεί για να μπορέσει να λειτουργήσει το σύστημα μας.

Στο Παράρτημα Β φαίνονται αναλύσεις της στοιχειακής σύνθεσης βιομάζας διαφόρων ειδών από την βιβλιογραφία, στα οποία φαίνονται τα διάφορα στοιχεία που περιέχονται καθώς και η θερμογόνο δύναμη και η στάχτη. Όπως φαίνεται από τους πίνακες, σε γενικές γραμμές η βιομάζα περιέχει χαμηλά ποσοστά θείου (το οποίο συνεπώς δεν αποτελεί πρόβλημα). Αντίθετα, η βιομάζα έχει σχετικά υψηλά ποσοστά αζώτου, που, κατά την καύση μπορούν να παράγουν οξειδία του αζώτου, που ρυπαίνουν τον αέρα.

## 2.2. Στάδια αξιοποίησης της βιομάζας

Η διαδικασία της συγκέντρωσης της βιομάζας μπορεί να αναλυθεί στα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

- α. Συλλογή από τον χώρο παραγωγής
- β. Συσκευασία για καλύτερη -οικονομικότερη μεταφορά και αποθήκευση
- γ. Μεταφορά
- δ. Αποθήκευση
- ε. Προετοιμασία για θερμική επεξεργασία.

### 2.2.1. Συλλογή της βιομάζας από τους αγρούς και συσκευασία

Υπάρχει ένα τεράστιο δυναμικό που βρίσκεται διεσπαρμένο σε μεγάλες εκτάσεις. Αυτό είναι ένα σημαντικό πρόβλημα καθώς σε πολλές περιπτώσεις η πυκνότητα του υλικού ανά μονάδα επιφάνειας είναι μικρή. Σε πολλές περιπτώσεις είναι φυτείες που πρέπει να συγκομισθούν από την αρχή είτε υπολείμματα μετά την κύρια συγκομιδή. Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να είναι στελέχη με τις ρίζες στο έδαφος ή στελέχη κομμένα και με κάποιο τρόπο τοποθετημένα στην επιφάνεια του χωραφιού. Η ποικιλία καταστάσεων είναι τεράστια. Στην υπό μελέτη περιοχή με τις σημερινές συνθήκες φαίνεται ότι τα κύρια υπολείμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν

είναι του σιταριού, του καλαμποκιού, του βαμβακιού, καπνού, υπολείμματα δένδρων και υλοτομιών. Μια πιθανή επάνοδος της καλλιέργειας ηλίανθου θα δώσει επίσης ένα σημαντικό υπόλειμμα.

### **2.2.2. Μεταφορά της βιομάζας**

Η μεταφορά γίνεται με τα συνήθη μέσα μεταφοράς γεωργικών προϊόντων ανάλογα με την κατάσταση του οδικού δικτύου. Για μεγαλύτερες αποστάσεις ή ποσότητες χρησιμοποιούνται και φορτηγά. Είναι προφανές ότι υπάρχει κάποια μέγιστη απόσταση μεταφοράς που επιτρέπει να υπάρχει θετικό ενεργειακό ισοζύγιο για την όλη διεργασία. Για τη μεταφορά σε μεγαλύτερες αποστάσεις μπορεί να γίνει δεύτερη συμπίεση των δεμάτων οπότε αυξάνει σημαντικά η πυκνότητα του υλικού.

### **2.2.3. Αποθήκευση της βιομάζας**

Η αποθήκευση της βιομάζας αποτελεί ένα σοβαρό και ιδιαίτερο πρόβλημα διότι είναι ένα υλικό ογκώδες και ευαίσθητο. Πολλές φορές συγκεντρώνονται με υψηλή υγρασία. Αλλά και όταν συγκεντρώνεται με χαμηλή υγρασία μπορεί εύκολα να απορροφήσει από το περιβάλλον αν αποθηκευθεί στο ύπαιθρο ή σε χώρους με υγρασία. Απορρόφηση υγρασίας προκαλεί ανάπτυξη μικροοργανισμών και μια σειρά βιολογικών διεργασιών που σε ακραίες καταστάσεις μπορούν να προκαλέσουν ανάφλεξη του υλικού. Αποθήκευση σε καλυμμένες ή κλειστές αποθήκες αυξάνει το κόστος συγκέντρωσης της βιομάζας ενώ μειώνει τις απώλειες. Επί πλέον λόγω των χαρακτηριστικών της γ. παραγωγής, η αποθήκευση της βιομάζας απαιτεί τεράστιους αποθηκευτικούς χώρους δεδομένου ότι πρέπει να αποθηκεύσουμε αποθέματα για συνεχή λειτουργία του συστήματος. Ίσως κατάλληλοι συνδυασμοί χρήσεων- παραγωγής- ειδών να ελαχιστοποιούν την ανάγκη σε αποθηκευτικούς χώρους.

Προσπάθειες αποθήκευσης βιομάζας στο ύπαιθρο στις Η.Π.Α. (πειράματα με σπάδικες καλαμποκιού) απέδειξαν ότι αποθήκευση μικροποσοτήτων δεν είναι δυνατή στο ύπαιθρο λόγω διαβροχής όλης της μάζας και καταστροφής της. Η αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων σε μεγάλους σωρούς είναι δυνατή με σημαντικές όμως απώλειες από σαπίσματα στα επιφανειακά στρώματα. Σε μεγαλύτερα βάθη η υγρασία δεν εισχωρεί, τουλάχιστον κατά την αρχική περίοδο.

Σε πολλές περιπτώσεις η αποθήκευση της βιομάζας προϋποθέτει ξήρανση. Ιδιαίτερα όταν το υλικό κατά την αποθήκευση δεν μπορεί να αεριστεί. Προφανώς η ξήρανση προσθέτει στο κόστος της όλης διακίνησης. Η ξήρανση πολλές φορές είναι απαραίτητη και για την περαιτέρω χρήση. Σε πολλές περιπτώσεις, ιδιαίτερα για υλικά ξυλοποιημένα (βαμβακικές, κλαδιά κλαδέματος ή υλοτομιών), συσκευασία σε μεγάλα κυλινδρικά δέματα με άνοιγμα στο κέντρο ή γενικά σχετικά χαλαρή συσκευασία επιτρέπουν την ξήρανση κατά την αποθήκευση ακόμα και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Προκαταρκτικές δοκιμές έδειξαν ότι βαμβακικές με αρχική υγρασία μερών 40-50% δεν είχαν προβλήματα κατά την αποθήκευση. Επί πλέον σε διάστημα περίπου 20 ημερών του Δεκεμβρίου η υγρασία από 40,5% έπεσε κάτω από 20% για αποθήκευση στο ύπαιθρο σε ξηρό υπόστρωμα. Συχνά η αποθήκευση βιομάζας στο ύπαιθρο προκαλεί πέραν της απώλειας ενεργειακού υλικού και απώλειες άλλων χρήσιμων στοιχείων.

Η ξήρανση της βιομάζας σε μεγάλες μονάδες μετατροπής γίνεται σε ειδικά ξηραντήρια, που χρησιμοποιούν τη θερμότητα των καυσαερίων.

### **2.2.4. Προετοιμασία της βιομάζας για επεξεργασία**

Η βιομάζα ελάχιστες φορές μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως συγκεντρώνεται για παραγωγή ενέργειας. Συνήθως χρειάζεται κάποια προετοιμασία που μπορεί να είναι απλή αποσυσκευασία των δεμάτων, τεμαχισμός, ξήρανση, ύγρανση, ανάμιξη με άλλα υλικά κ.λπ.

Άχυρο συσκευασμένο μπορεί να καεί όπως είναι με αρκετά όμως προβλήματα εξ αιτίας της εκτόνωσης του άχυρου μόλις καεί το υλικό συσκευασίας που μπορεί να διακόψει την καύση είτε να διακόψει την κίνηση του αέρα κ.λπ. Συνήθως προτιμάται η αποσυσκευασία των δεμάτων και η τροφοδοσία του υλικού είτε όπως είναι με κάποιο κοχλία είτε μετά από τεμαχισμό που κάνει ευκολότερη την κίνηση αλλά και την ενεργειακή μετατροπή.

Γενικά τεμαχισμός του υλικού κάνει ευκολότερη την διακίνηση και τροφοδοσία με κοχλίες, ή μεταφορείς με κουβαδάκια, αποτελεσματικότερη την καύση ή άλλη θερμοχημική κατεργασία (καλύτερη επαφή του υλικού με τον αέρα, ομοιόμορφη θέρμανση) Γι' αυτό, σε πολλές περιπτώσεις, προτιμάται ο τεμαχισμός, παρόλο που απαιτεί αρκετή κατανάλωση ενέργειας. Ακόμα καλύτερα αποτελέσματα μπορούμε να έχουμε με πελετοποίηση της βιομάζας. Η εργασία είναι ενεργοβόρα αλλά παράγει υλικό τυποποιημένο για τροφοδοσία καυστήρων.

Θερμοχημική κατεργασία της βιομάζας προϋποθέτει χαμηλή υγρασία (κάτω του 35%). Για αυτό βιομάζα με μεγαλύτερη υγρασία πρέπει να ξεραθεί. Κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο και για την αποθήκευση.

Στη συνέχεια εξετάζονται οι ιδιαιτερότητες κάθε τύπου βιομάζας σε σχέση με τις παραπάνω εργασίες (και κυρίως αυτή της συλλογής) και εκτιμώνται τα σχετικά κόστη.

## 2.3. Συγκέντρωση βιομάζας διαφόρων τύπων και σχετικά κόστη

### 2.3.1. Άχυρο χειμερινών σιτηρών

Μετά τη συγκομιδή του καρπού, το άχυρο αφήνεται σε σειρές στο χωράφι από την Θ/Α. Το υλικό είναι αρκετά ξηρό στη χώρα μας για ασφαλή αποθήκευση. Η συσκευασία (αύξηση της πυκνότητας) γίνεται με κοινές χορτοδετικές με παραγωγή μικρών ορθογωνίων δεμάτων 20-30 κιλών (διακίνηση με τα χέρια).

Το κόστος συσκευασίας σε δέματα περίπου 25 κιλών ανέρχεται από 0,6 έως 0,8 €/δέμα. Η μεταφορά και η τοποθέτηση σε σωρούς από 0,40 έως 0,50 €/δέμα. Η μεταφορά εκτιμάται σε 270€ για μεταφορά 300 δεμάτων σε απόσταση περίπου 50-100 km. Συνήθως ο παραγωγός πληρώνεται για το άχυρο περίπου το κόστος οργώματος που είναι 10 €/στρέμμα, με παραγωγή 5-6 δεμάτων το στρέμμα. Η ανάλυση του κόστους με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.4α.

#### Πίνακας 2.4α Κόστος συγκομιδής άχυρου χειμερινών σιτηρών (€/kg)

	Χαμηλές τιμές	Υψηλές τιμές
Παραγωγή kg/στρέμμα	150	150
Παραγωγός €	10	10
Δεματοποίηση €/στρέμμα	3,6	4,8
Φόρτωμα - ξεφόρτωμα	2,4	3,0
Μεταφορά	3,0	5,4
Συνολικό κόστος	19	23,2
Κόστος € ανά κιλό	0,12	0,15

Το κόστος αυτό μπορεί να μειωθεί με χρήση νέων μηχανημάτων μεγάλης απόδοσης και με πλήρη εκμηχάνιση της εργασίας. Τέτοια μηχανήματα είναι:

- μεγάλων ορθογωνίων δεμάτων 200-800 κιλών
- μεγάλων κυλινδρικών δεμάτων 150-600 κιλών

Με τα μηχανήματα αυτά μπορεί να μειωθεί σημαντικά το κόστος συσκευασίας και διακίνησης, καθώς η μηχανική εργασία είναι πολύ φθηνότερη από την ανθρώπινη. Επί πλέον είναι μεγάλων αποδόσεων. Τέτοια μηχανήματα δεν εργάζονται σε μεγάλη έκταση στην Ελλάδα και δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία. Η εκτίμηση του κόστους συγκομιδής με κυλινδρικά δέματα παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.4β.

#### Πίνακας 2.4β Εκτίμηση κόστους συγκομιδής άχυρου χειμερινών σιτηρών με κυλινδρικά δέματα (€/kg)

Παραγωγή kg/στρέμμα	150
Παραγωγός €	10
Δεματοποίηση €/στρέμμα	1,8
Φόρτωμα – ξεφόρτωμα	0,4
Μεταφορά	3,0
Συνολικό κόστος	15,2
Κόστος ανά κιλό	0,10

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των μεγάλων κυλινδρικών δεμάτων είναι η δυνατότητα αποθήκευσης στο ύπαιθρο ιδιαίτερα σε συσκευασία με δίχτυ. Αυτό περιορίζει σημαντικά τόσο το κόστος αποθήκευσης όσο και τους απαιτούμενους χώρους, καθώς τα δέματα μπορούν να μείνουν στους αγρούς και να μεταφερθούν σταδιακά.

Για τα μεγάλα ορθογώνια δέματα το κόστος δεματοποίησης είναι λίγο μεγαλύτερο αλλά είναι μειωμένο το κόστος μεταφοράς. Προϋπόθεση η εντατική χρήση του μηχανήματος, που είναι μεγάλου κόστους αλλά και απόδοσης.

Μέρος του άχυρου (ύψους 10-20 εκ.) μένει στο χωράφι. Μπορεί και αυτό να κοπεί (χορτοκοπτικό), να συγκεντρωθεί σε σειρές (χορτοσυλέκτης) και εν συνεχεία να συσκευασθεί σε δέματα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε μεγάλης κλίμακας εργασίες το κόστος αναμένεται να μειωθεί σημαντικά. Όταν λειτουργούσε το εργοστάσιο αχυροκυτταρίνης στην Λάρισα (δεκαετία του 1980), το κόστος προμήθειας άχυρου ήταν λιγότερο από το μισό από το κόστος στους κτηνοτρόφους της περιοχής.

### 2.3.2. Υπολείμματα καλαμποκιού

Μετά τη συγκομιδή παραμένουν στο χωράφι:

- Στελέχη συνδεδεμένα με την ρίζα
- Στελέχη κομμένα
- Φύλλα - σπάδικες σε σειρές, όπως τα άφησε η Θ/Α

Είναι προφανές ότι η συλλογή απαιτεί κοπή των στελεχών με χορτοκοπτικό. Προκαταρκτικές δοκιμές έδειξαν ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί χορτοκοπτικό με παλινδρομικά μαχαίρια διότι «μπουκώνει». Καλά αποτελέσματα έδωσε χορτοκοπτικό με περιστρεφόμενους δίσκους.

Αποθήκευση στο ύπαιθρο μεγάλων κυλινδρικών δεμάτων φαίνεται να δίνει καλύτερα αποτελέσματα ιδιαίτερα σε συσκευασία με δίχτυ. Αποθήκευση στο ύπαιθρο με κάλυψη με πλαστικό είναι επισφαλής και αρκετά δαπανηρή.

Η εκτίμηση του κόστους και η ανάλυσή του παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.5.

### Πίνακας 2.5 Κόστος συγκομιδής άχυρου καλαμποκιού (€/kg)

	Χαμηλές τιμές	Υψηλές τιμές	Με κυλινδρικά δέματα
Παραγωγή kg/στρέμμα	1000	1000	1000
Παραγωγός €	10	10	10
Κοπή	4	5	4
Δεματοποίηση €/στρέμμα	24	32	12
Φόρτωμα – ξεφόρτωμα	16	20	8
Μεταφορά	25	36	25
Συνολικό κόστος	79	103	55
Κόστος ανά κιλό	0,079	0,103	0,055

Εργασίες μεγάλης κλίμακας μπορούν να κατεβάσουν το κόστος ακόμα περισσότερο.

### 2.3.3. Στελέχη βαμβακιού

Τα στελέχη βαμβακιού με υψηλό βαθμό ξυλοποιήσεως, αφήνονται στο χωράφι χωρίς να κοπούν μετά την συγκομιδή του συσπόρου βαμβακιού. Σε εργασία στις Η.Π.Α., κατασκευάστηκε ένα μηχάνημα με δύο τροχούς, κάθετους προς την σειρά των φυτών. Οι τροχοί περιστρέφονται ο ένας στον άλλο, πιάνουν τα στελέχη και τα εκρίζουν. Τα στελέχη με τις ρίζες αφήνονται να ξεραθούν στο χωράφι τόσο τα ίδια όσο και τυχόν χώματα που θα προσκολληθούν στις ρίζες. Μετά την ξήρανση συγκεντρώνονται και συσκευάζονται είτε σε μεγάλα κυλινδρικά δέματα είτε σε μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τη συμπίεση συσπόρου βαμβακιού (compactors).

Έρευνα στην Ελλάδα έδειξε ότι, με τις επικρατούσες συνθήκες, η συγκομιδή με εκρίζωση δεν είναι εύκολη λόγω του χώματος που προσκολλάται στις ρίζες. Δοκιμάστηκε μια μέθοδος με κοπή των στελεχών και συγκομιδή όλου του υπέργειου τμήματος. Τα στελέχη έχουν υγρασία περίπου 40% και επομένως δεν είναι δυνατή η ασφαλής αποθήκευσή τους. Συσκευασία σε μεγάλα κυλινδρικά δέματα απέδειξε ότι είναι δυνατή η συσκευασία και η αποθήκευση στο ύπαιθρο χωρίς προβλήματα, με την προϋπόθεση ξηρού υποστρώματος τοποθέτησης των δεμάτων. Αποδείχθηκε επίσης ότι σε 20 ημέρες του Δεκεμβρίου τα στελέχη έχασαν υγρασία από 40% σε κάτω του 20%.

Η εκτίμηση του κόστους παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.6.



## Πίνακας 2.6. Κόστος συγκομιδής στελεχών βαμβακιού (€/kg)

	Χαμηλές τιμές	Υψηλές τιμές	Με κυλινδρικά δέματα
Παραγωγή kg/στρέμμα	250	250	250
Παραγωγός €	10	10	10
Κοπή	4	5	4
Γύρισμα	2	2	2
Δεματοποίηση €/στρέμμα	6	10	3
Φόρτωμα – ξεφόρτωμα	6	10	3
Μεταφορά	7	9	7
Συνολικό κόστος	35	46	29
Κόστος ανά κιλό	0,14	0,18	0,12

### 2.3.4. Κλαδιά δένδρων μετά το κλάδεμα

Τα κλαδιά μετά το κλάδεμα αφήνονται στην επιφάνεια του εδάφους. Υπάρχουν μηχανήματα που συλλέγουν τα κλαδιά από το έδαφος και τα συσκευάζουν σε μικρά κυλινδρικά δέματα. Σε άλλες λύσεις τα κλαδιά μαζεύονται στην άκρη του χωραφιού με οδοντωτές σβάρνες και συσκευάζονται σε Compactors σύσπορου βαμβακιού ή σε κάποια μορφή πρέσας. Συσκευασία των υπολειμμάτων κλαδέματος μπορεί να γίνει σε μεγάλα κυλινδρικά δέματα με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν.

Ανάλογες τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί για συγκέντρωση υπολειμμάτων υλοτομιών.

Το κόστος συγκομιδής είναι ανάλογο με τα στελέχη του βαμβακιού αλλά με παραγωγές της τάξης των 500 kg/στρέμμα, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.7.

## Πίνακας 2.7 Κόστος συγκομιδής υπολειμμάτων κλαδέματος με κυλινδρικά δέματα (€/kg)

Παραγωγή kg/στρέμμα	500
Παραγωγός €	10
Κοπή	4
Γύρισμα	2
Δεματοποίηση €/στρέμμα	3
Φόρτωμα – ξεφόρτωμα	3
Μεταφορά	14
Συνολικό κόστος	36
Κόστος ανά κιλό	0,072

Τονίζεται ότι οι τιμές κόστους που αναφέρονται πιο πάνω αφορούν τιμές επαγγελματιών με γεωργικά μηχανήματα για εργασία σε μηδική σε γενικά μικρά αγροκτήματα. Η χρήση των ίδιων μηχανημάτων σε εργασίες συγκομιδής τόσο μεγάλης κλίμακας θα μειώσουν σημαντικά το κόστος συγκομιδής τόσο από μείωση των αποσβέσεων των μηχανημάτων από τη μεγαλύτερη χρήση όσο και από τη μείωση του κόστους από περιορισμό μεταφορών και απόκτηση μεγαλύτερης εμπειρίας από τα συνεργεία των εργαζόμενων. Θεωρείται δυνατή μια μείωση του κόστους σε επίπεδο 70% έως και 50% επί του αναφερομένου παραπάνω.

Με βάση τα παραπάνω, ο Πίνακας 2.8 συνοψίζει το εύρος κόστους συγκέντρωσης βιομάζας διαφόρων τύπων, λαμβάνοντας υπόψη την οικονομικότερη διαδικασία συλλογής.

## Πίνακας 2.8 Εύρος κόστους συγκέντρωσης βιομάζας (€/kg)

Πηγή βιομάζας	Υψηλή τιμή	Χαμηλή τιμή	Ενδιάμεση τιμή
Άχυρο σιτηρών	0,10	0,05	0,07
Άχυρο καλαμποκιού	0,055	0,03	0,04

Βαμβάκι	0,12	0,07	0,09
Κλαδιά δένδρων	0,07	0,04	0,05

### **2.3.5. Υπολείμματα υλοτομιών**

Από τα δάση αποκομίζεται συνήθως η χρήσιμη ξυλεία (κυρίως του κορμού) καθώς και η βιομάζα των χονδρότερων κλάδων. Η βιομάζα των υπόλοιπων κατηγοριών ήτοι λεπτών κλάδων, φυλλώματος, πρέμων και ριζών, παραμένει στο έδαφος είτε γιατί δεν συμφέρει η συλλογή της ή γιατί απαιτείται ειδικός εξοπλισμός και τεχνική.

Τα υπολείμματα είναι διάσπαρτα και η συλλογή και μεταφορά τους απαιτεί μεγάλο κόστος, δυσανάλογο με την αξία τους ως καύσιμη ύλη. Οι κλίσεις των εδαφών είναι μεγάλες και δεν επιτρέπουν την χρήση μηχανημάτων για τη συλλογή και μετατόπιση των δασικών προϊόντων.

### 3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Για την εκτίμηση της διαθέσιμης βιομάζας στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου χρησιμοποιήθηκαν διαθέσιμα στοιχεία των δύο Νομαρχιών καθώς και της Στατιστικής Υπηρεσίας. Τα στοιχεία αυτά αφορούν στην έκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων καθώς και στο είδος των καλλιεργειών σε κάθε νομό.

Και στους δύο Νομούς εξετάζουμε τη βιομάζα που μπορεί να παραχθεί από:

- γεωργικές καλλιέργειες (το υλικό που μένει στον αγρό μετά τη συγκομιδή), όπως π.χ. σιτάρι, καλαμπόκι, ηλιάνθο, βαμβάκι, κ.λπ.
- κλαδέματα δένδρων
- βιομηχανικές κατεργασίες.

Δεν εξετάζουμε τη βιομάζα από κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις καθώς και από αστικά ή και βιομηχανικά απόβλητα, καθώς οι φυσικοχημικές της ιδιότητες είναι πολύ διαφορετικές από τη «γεωργική» βιομάζα και είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί στην ίδια μονάδα (απαιτούνται σημαντικές μετατροπές). Επίσης, δεν λαμβάνουμε υπόψη τη βιομάζα από υπολείμματα υλοτομιών, γιατί δεν κατέστη δυνατή η συγκέντρωση σχετικών στοιχείων. Έχουμε όμως υπόψη ότι τέτοιας μορφής βιομάζα υπάρχει σε μεγάλη ποσότητα και στους δύο νομούς, γεγονός που παρέχει ασφάλεια στην τροφοδοσία της μονάδας, σε περίπτωση που, για κάποιο λόγο, η γεωργική παραγωγή δεν είναι ικανοποιητική κάποια συγκεκριμένη περίοδο. Επισημαίνεται ότι δασική βιομάζα χρησιμοποιείται ήδη για θέρμανση από τους κατοίκους των χωριών των δύο νομών.

#### 3.1. Βιομάζα από γεωργικές εκμεταλλεύσεις

Ειδικότερα, στο Νομό Ροδόπης υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν την κατανομή κατ' είδος γεωργικής εκμετάλλευσης σε κάθε Δήμο του Νομού, δηλαδή τον αριθμό των καλλιεργούμενων στρεμμάτων κατ' είδος και εκμετάλλευση. Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί εκτιμήθηκε ανά Δήμο, με βάση παραδοχές σχετικά με την παραγόμενη βιομάζα ανά στρέμμα για κάθε είδος εκμετάλλευσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1. Οι υπολογισμοί και οι παραδοχές που έγιναν φαίνονται στους Πίνακες του Παραρτήματος Α.

#### Πίνακας 3.1 Ετήσιο δυναμικό γεωργικής βιομάζας Ν. Ροδόπης ανά Δήμο

Δήμος	Έκταση (στρέμματα)	Δυναμικό βιομάζας (tn)	Δυναμικό παραγωγής ενέργειας (GWh)
Κομοτηνής	121.212	30.490	156
Δ Μαρώνας	140.008	39.490	201
Σαπών	110.816	26.941	139
Σιδηροχωρίου	88.658	26.919	136
Σώστου	31.640	10.883	55
Αρριανών	32.425	6.188	32
Αιγείρου	119.488	36.702	185
Ιάσμου	66.735	22.114	110
Φιλλύρας	51.165	10.283	53
Κοιν. Οργάνης	8.600	1.631	8
Κέχρου	3.010	532	3
Αμαξιάδων	6.031	1.624	8
<b>Σύνολο</b>	<b>779.788</b>	<b>213.796</b>	<b>1.088</b>

Για το Νομό Έβρου δεν υπάρχουν στοιχεία για την κατανομή των καλλιεργειών ανά Δήμο, υπάρχουν όμως στοιχεία για τα συνολικά στρέμματα ανά εκμετάλλευση στο σύνολο του Νομού, καθώς και για την έκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σε κάθε Δήμο. Από τα στοιχεία αυτά εκτιμήθηκε προσεγγιστικά το δυναμικό βιομάζας ανά Δήμο, με την παραδοχή ότι οι εκμεταλλεύσεις κατανέμονται με τον ίδιο τρόπο σε κάθε Δήμο (παραδοχή που δεν είναι αληθής αλλά είναι η καλύτερη που μπορούσε να γίνει). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2, οι δε υπολογισμοί και οι παραδοχές που έγιναν φαίνονται στο Παράρτημα Α.

### Πίνακας 3.2 Ετήσιο δυναμικό γεωργικής βιομάζας Ν. Έβρου ανά Δήμο

Δήμος	Έκταση (στρέμματα)	Δυναμικό βιομάζας (tn)	Δυναμικό παραγωγής ενέργειας (GWh)
Αλεξανδρουπόλεως	115.472	46.156	232
Βύσσας	117.266	46.873	236
Διδυμοτείχου	203.293	81.259	409
Κυπρίνου	68.430	27.352	138
Μεταξάδων	113.549	45.387	228
Ορεστιάδος	185.009	73.950	372
Ορφέα	76.726	30.668	154
Σαμοθράκης	69.577	27.811	140
Σουφλίου	71.226	28.470	143
Τραϊανούπολης	41.281	16.501	83
Τριγώνου	192.657	77.007	388
Τυχερού	65.618	26.229	132
Φερών	139.280	55.672	280
<b>Σύνολο</b>	<b>1.459.384</b>	<b>583.334</b>	<b>2.936</b>

Η ανάλυση στηρίχτηκε στις υφιστάμενες καλλιέργειες, ώστε να είναι ρεαλιστική. Αυτό σημαίνει ότι η βιομάζα σε όλες τις περιπτώσεις αποτελεί υποπροϊόν της γεωργικής εκμετάλλευσης, γεγονός που εξασφαλίζει τη σχετικά χαμηλή τιμή της. Εναλλακτικά μπορεί να εξεταστεί καλλιέργεια ορισμένων ενεργειακών φυτών, όπως ο μίσχανθος ή η αγριοαγκινάρα, που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την παραγωγή βιομάζας. Τέτοιες καλλιέργειες είναι πιθανό να καταστούν οικονομικές με τις προβλέψεις της νέας ΚΑΠ, καθώς η καλλιέργεια φυτών όπως το βαμβάκι αναμένεται να μειωθεί αισθητά.

### 3.2. Βιομάζα από βιομηχανικές δραστηριότητες

Από τα υπάρχοντα στοιχεία μονάδες που παράγουν υπολείμματα σε μορφή χρησιμοποιήσιμη για καύση είναι τα εκκοκκιστήρια, τα ελαιοτριβεία και πυρηνελαιουργεία, και οι βιομηχανίες ξύλου.

Σε ό,τι αφορά τα εκκοκκιστήρια, τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν συνοψίζονται στον Πίνακα 3.3. Το συνολικό ετήσιο δυναμικό και των δύο νομών μαζί εκτιμάται σε 110.000 GJ ή περίπου 31 GWh. Η θερμογόνος δύναμη των υπολειμμάτων εκκοκκιστηρίων, που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς, είναι 16,4 MJ/kg.

### Πίνακας 3.3 Ετήσιο δυναμικό βιομάζας από εκκοκκιστήρια

	Εκκοκκιστήριο	Ποσότητα εκκοκκιζόμενου βαμβακιού (tn)	Βιομάζα 6% (tn)	Δυναμικό παραγωγής ενέργειας (GWh)
<b>ΝΟΜΟΣ ΡΟΔΟΠΗΣ</b>				
Δήμος Κομοτηνής	Εκκοκκιστήρια Θράκης ΑΕ» ΑΚΚΑΣ	22.000	1.320	6,0
	Θρακικά Εκκοκκιστήρια ΑΒΕΕ	20.000	1.200	5,5
	ΠΕΤΣΑΣ	12.000	720	3,3
Δήμος Αιγείρου	ΕΑΣ Ροδόπης	19.000	1.140	5,2
	ΕΞΙ ΑΛΦΑ ΑΕ	20.000	1.200	5,5
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΜΟΥ ΡΟΔΟΠΗΣ</b>			<b>5.580</b>	<b>25,4</b>
<b>ΝΟΜΟΣ ΕΒΡΟΥ</b>				
Δήμος Βύσσης	ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ ΑΕ	5.000	300	1,4
Δήμος Τυχερού	ΣΥΝΕΚΟ	15.000	900	4,1
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ</b>			<b>1.200</b>	<b>5,5</b>

Το δυναμικό βιομάζας από τα εκκοκκιστήρια είναι πολύ μικρό, συγκρινόμενο με αυτό από γεωργικές δραστηριότητες. Επί πλέον, μέρος των υπολειμμάτων των εκκοκκιστηρίων χρησιμοποιείται ήδη ως καύσιμο από τις ίδιες τις μονάδες. Το δυναμικό αυτό όμως είναι συγκεντρωμένο και, συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εάν υπάρχει εκκοκκιστήριο κοντά στη μονάδα βιομάζας, βελτιώνοντας έτσι την ασφάλεια της τροφοδοσίας της μονάδας σε πρώτη ύλη.

Για την εκτίμηση του δυναμικού βιομάζας από τα υπολείμματα άλλων γεωργικών βιομηχανιών απαιτείται μια καταγραφή και εκτίμηση της ποσότητας των υπολειμμάτων αυτών. Στη συνέχεια, το δυναμικό βιομάζας μπορεί να εκτιμηθεί βάσει συντελεστών, που προέρχονται από μετρήσεις και εκτιμήσεις διαφόρων φορέων στον ελληνικό χώρο. Τέτοιοι συντελεστές φαίνονται για ορισμένα προϊόντα στον Πίνακα 3.4.

### Πίνακας 3.4 Μέθοδος εκτίμησης βιομάζας από υπολείμματα γεωργικών βιομηχανιών

Υπόλειμμα	Συντελεστής υπολογισμού υπολείμματος (%)	Ποσοστό υγρασίας %	Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)
Ενδοσπέρμιο αμυγδάλων	1,6-1,8	15	19,4
Ελαιοπυρήνας	2,2-2,6	45	15,6
Πυρήνας ροδάκινων	5	15-20	20,8

Κατά την εκπόνηση αυτής της μελέτης, δεν κατέστη δυνατόν να ευρεθούν τέτοια στοιχεία και συνεπώς δεν υπολογίστηκε το δυναμικό αυτό. Εκτιμάται πάντως ότι είναι μάλλον μικρό, δεδομένου ότι δεν λειτουργούν πολλές βιομηχανίες αυτού του είδους στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου.

Στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου λειτουργούν αρκετές και σχετικά μεγάλες βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, που επεξεργάζονται σημαντική ποσότητα ξυλείας ετησίως για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων. Είναι όμως γνωστό ότι σημαντικό μέρος των υπολειμμάτων των βιομηχανιών αυτών χρησιμοποιείται ήδη ως καύσιμο από τις ίδιες τις βιομηχανίες για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών. Συνεπώς, μια πρώτη συντηρητική εκτίμηση της βιομάζας των δύο νομών είναι σκόπιμο να μη συμπεριλάβει το *ελεύθερο* δυναμικό βιομάζας από βιομηχανίες ξύλου. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι υπάρχουν μικρές ποσότητες τέτοιας βιομάζας, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ασφάλεια, στην περίπτωση που για κάποιο λόγο διακόπτεται βραχυπρόθεσμα η ομαλή τροφοδοσία της μονάδας με φυτική βιομάζα.

### 3.3. Σύνοψη δυναμικού βιομάζας

Το δυναμικό της βιομάζας στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου και η κατά προσέγγιση γεωγραφική κατανομή του απεικονίζεται στο Διάγραμμα 3.1.

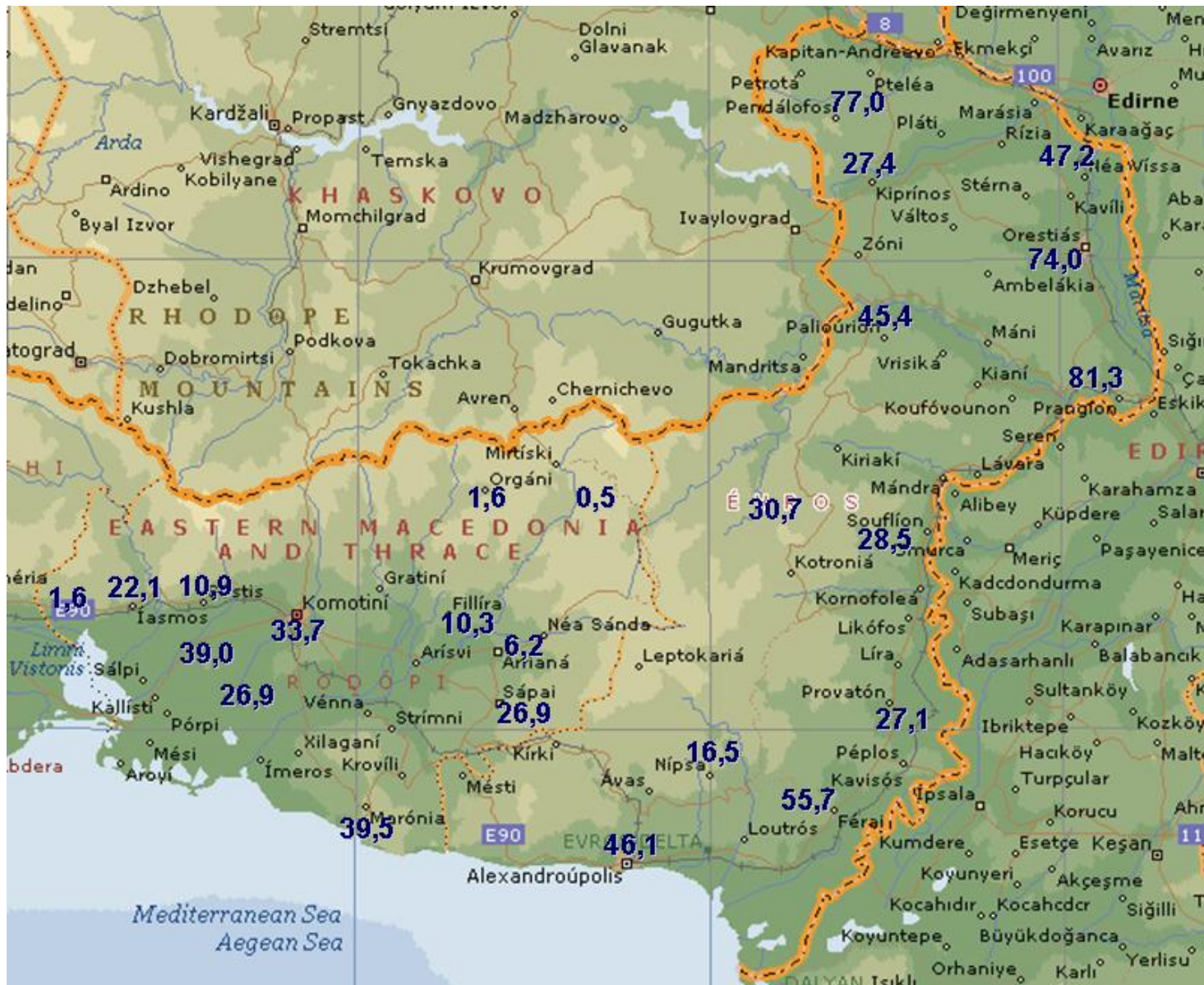
Στο Νομό Ροδόπης το δυναμικό βιομάζας είναι συγκεντρωμένο στο κεντρικό τμήμα του Νομού, περίξ της Κομοτηνής, καθώς και στα νότια στο Δήμο Μαρώνειας. Η περιοχή της Κομοτηνής ενδείκνυται για την

εγκατάσταση μονάδας που χρησιμοποιεί τη βιομάζα, καθώς μπορεί να αξιοποιήσει μέρος του συνδυασμένου δυναμικού βιομάζας των Δήμων Κομοτηνής, Αιγείρου, Σιδηροχωρίου, και Σώστη, οι οποίοι βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.1, το δυναμικό αυτό υπερβαίνει τους 100.000 τόνους ετησίως.

Το δυναμικό βιομάζας του Νομού Έβρου είναι πολύ μεγαλύτερο από ότι της Ροδόπης, είναι δε συγκεντρωμένο κυρίως στα βόρεια του Νομού. Το συνδυασμένο δυναμικό των Δήμων Τριγώνου, Κυπρίνου, Βύσσας και Ορεστιάδος υπερβαίνει τους 225.000 τόνους ετησίως, χωρίς να έχει συνεκτιμηθεί το σημαντικό από υπολείμματα υλοτομιών καθώς και από διάφορες δραστηριότητες στη Βουλγαρία, ούτε το επίσης μεγάλο δυναμικό του Δήμου Διδυμοτείχου. Ωστόσο, σημαντικό δυναμικό βιομάζας υπάρχει και στο νότιο τμήμα του Νομού. Το συνδυασμένο δυναμικό των Δήμων Τυχερού, Φερών, Τραϊανουπόλεως και Αλεξανδρουπόλεως υπερβαίνει τους 140.000 τόνους ετησίως.

**Διάγραμμα 3.1 Κατανομή ετήσιου δυναμικού βιομάζας στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου (μονάδες σε χιλιάδες τόνους)**







## 4. ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

### 4.1. Τα προϊόντα και η διάθεσή τους

Τα προϊόντα μιας μονάδας Συμπαγωγής με βιομάζα είναι ηλεκτρική ενέργεια και θερμική ενέργεια. Για να είναι οικονομική η μονάδα (ώστε να αποσβέσει σε σχετικά σύντομο χρόνο την επένδυση) πρέπει να λειτουργεί και να πωλεί τα προϊόντα της καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Με βάση τον ισχύοντα Νόμο, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καθώς και η ισχύς μπορεί να πωλείται στον ΔΕΣΜΗΕ σε συγκεκριμένο τιμολόγιο που ισχύει για την παραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Οι σημερινές ισχύουσες χρεώσεις του τιμολογίου αυτού είναι:

- Χρέωση ενέργειας: 0,06842 €/kWh
- Χρέωση ισχύος: 1,7645 €/kW/μήνα.

Καθώς οι τιμές αυτές συνδέονται με τα τιμολόγια Μέσης Τάσης της ΔΕΗ, η διαχρονική τους τάση αναμένεται να είναι αυξητική.

Η διάθεση της παραγόμενης θερμότητας είναι δυσκολότερη, καθώς προϋποθέτει την ύπαρξη σχετικά μεγάλων καταναλωτών θερμότητας πλησίον της μονάδας, οι οποίοι να μπορούν να απορροφήσουν τη θερμότητα σε όλη (σχεδόν) τη διάρκεια του έτους. Εφαρμογές όπως η θέρμανση χώρων και θερμοκηπίων έχουν ανάγκες μόνο κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης (χειμώνα). να Ο ιδανικός πελάτης θα ήταν μία ή περισσότερες βιομηχανικές μονάδες που χρησιμοποιούν θερμότητα για τις διεργασίες τους και λειτουργούν σχεδόν όλο το χρόνο.

Η προσπάθεια να εντοπιστούν τέτοιες μονάδες στη ΒΙ.ΠΕ. Κομοτηνής απέβη άκαρπη, καθώς οι βιομηχανικές μονάδες που βρίσκονται σ' αυτήν είτε έχουν πολύ μικρές θερμικές καταναλώσεις, είτε χρησιμοποιούν θερμική ενέργεια μόνο για θέρμανση χώρων (το χειμώνα) είτε χρειάζονται θερμότητα υψηλής θερμοκρασίας, την οποία δεν μπορεί να παράγει η μονάδα αν παράγει ταυτόχρονα και ηλεκτρική ενέργεια.

Η εναλλακτική λύση για την απορρόφηση των θερμικών φορτίων το καλοκαίρι είναι μια εποχική βιομηχανική μονάδα, που λειτουργεί το καλοκαίρι. Πολλές μονάδες επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων παρουσιάζουν αυτή την εποχικότητα.

Η θεώρηση αυτή μας οδηγεί στα παρακάτω σενάρια.

### 4.2. Σενάρια που εξετάζονται

#### 4.2.1. Σενάριο I (Βασικό Σενάριο)

Η θερμική ενέργεια που παράγει η μονάδα απορροφάται από τρεις καταναλωτές:

1. μια μικρή εφαρμογή τηλεθέρμανσης, στις εργατικές πολυκατοικίες Τυχερού
2. ένα θερμοκήπιο, του οποίου μέρος των θερμικών αναγκών καλύπτει η μονάδα, και το οποίο κατασκευάζεται πλησίον της μονάδας
3. μια βιομηχανική εγκατάσταση ξήρανσης μηδικής.

Το ξηραντήριο της μηδικής λειτουργεί τους θερινούς μήνες (Μάιο έως μέσα Οκτωβρίου) ενώ οι άλλοι δύο καταναλωτές τον «χειμώνα» (Μέσα Οκτωβρίου έως μέσα Απριλίου).

Θεωρούμε ότι το σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελεί μέρος της επένδυσης, δηλαδή ο ίδιος επενδυτής που κατασκευάζει τη μονάδα συμπαγωγής κατασκευάζει και το σύστημα τηλεθέρμανσης. Αντίθετα, το θερμοκήπιο και το ξηραντήριο της μηδικής δεν περιλαμβάνονται στην επένδυση πρόκειται δηλαδή για επενδύσεις που πραγματοποιούνται από άλλους επενδυτές, οι οποίοι απλώς αγοράζουν τη θερμότητα που παράγεται από τη μονάδα σε ευνοϊκή τιμή, δηλαδή με έκπτωση έναντι της τιμής του εναλλακτικού καυσίμου που θα χρησιμοποιούσαν διαφορετικά για τη λειτουργία τους (που θεωρούμε ότι είναι μαζούτ 1% S).

#### 4.2.2. Σενάριο II

Το παραπάνω σενάριο I μπορεί να υλοποιηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή πληροί τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Υπάρχει στην περιοχή αρκετή ποσότητα διαθέσιμης βιομάζας
- Υπάρχει αρκετή διαθέσιμη έκταση για την κατασκευή της μονάδας συμπαγωγής, του θερμοκηπίου και της μονάδας ξήρανσης μηδικής
- Υπάρχει σε μικρή απόσταση από τη μονάδα εγκατάσταση στην οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί τηλεθέρμανση.

Εναλλακτικά, η μονάδα μπορεί να μελετηθεί χωρίς εφαρμογή τηλεθέρμανσης, στην οποία περίπτωση όλη η παραγόμενη θερμότητα από τη μονάδα συμπαγωγής το χειμώνα διατίθεται στο θερμοκήπιο. Στο σενάριο II

μελετάται μια τέτοια εφαρμογή, που τοποθετείται στην περιοχή της Κομοτηνής (σε μικρή απόσταση από την Κομοτηνή), δεδομένου ότι η περιοχή αυτή παρουσιάζει υψηλό δυναμικό βιομάζας. Στη συνέχεια περιγράφονται με κάποια ανάλυση τόσο η μονάδα της Συμπααραγωγής όσο και οι πελάτες της.

### **4.2.3. Μονάδα Συμπααραγωγής με βιομάζα**

Η μονάδα συμπααραγωγής με βιομάζα (βλ. σχηματική απεικόνιση, Σχήμα 4.1) περιλαμβάνει δύο βασικές υπομονάδες:

- την υπομονάδα καύσης της βιομάζας και
- την υπομονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

Η υπομονάδα καύσης της βιομάζας περιλαμβάνει όλα τις βοηθητικές εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την τροφοδοσία της βιομάζας, ήτοι σπαστήρα (για όσα υλικά απαιτείται) και σύστημα ομαλής τροφοδοσίας, του οποίου μέρος μπορεί να αλλάζει ανάλογα με τη μορφή της βιομάζας που χρησιμοποιείται. Σχεδιάζεται επίσης αποθήκη βιομάζας περίπου 20 ημερών (1000 τόνοι βιομάζας), για να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας σε περίπτωση διακοπής της συλλογής της βιομάζας για οποιοδήποτε λόγο (καιρικές συνθήκες, προβλήματα στη συνεργασία με τους προμηθευτές, κ.λπ.).

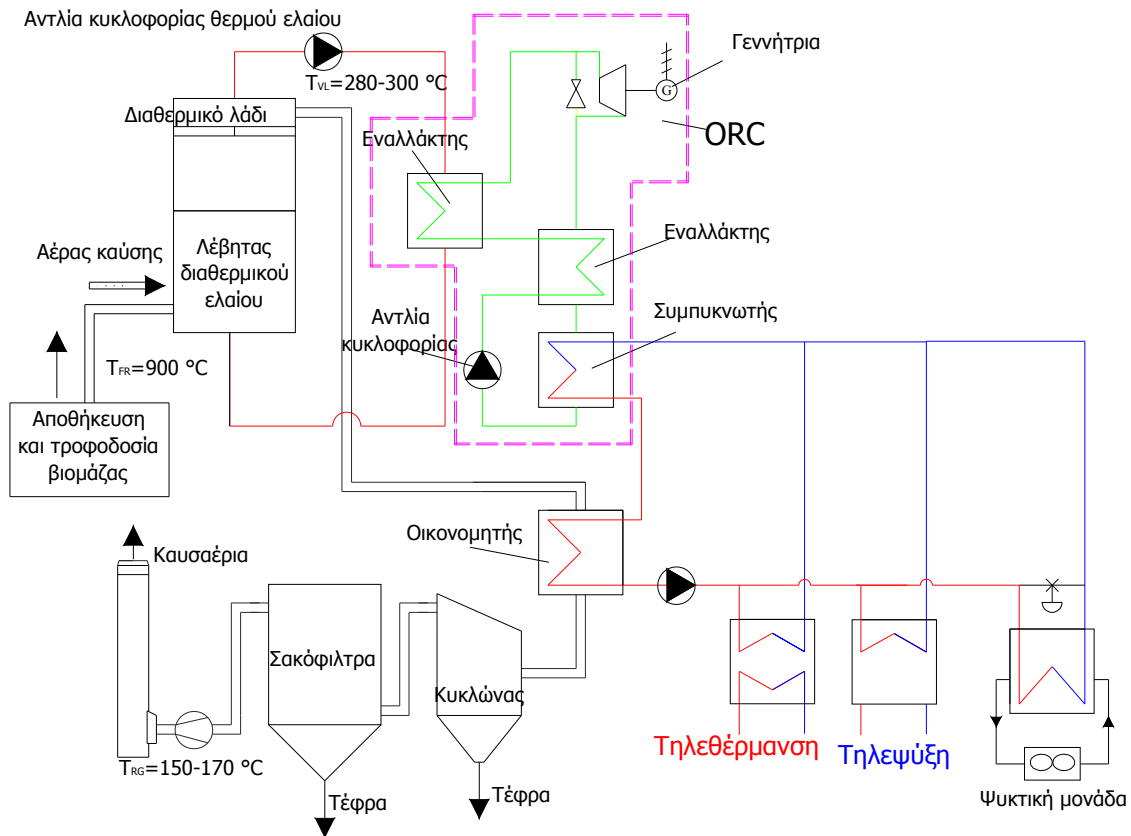
Η θερμότητα που παράγεται από την καύση της βιομάζας τροφοδοτείται σε διαθερμικό λάδι, το οποίο στη συνέχεια θερμαίνει νερό προς παραγωγή ατμού, που χρησιμοποιείται από τη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

Η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής βασίζεται στον οργανικό κύκλο Rankine (ORC) και είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Κατά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας ο ατμός μετατρέπεται σε νερό θερμοκρασίας 80°C περίπου. Το νερό αυτό θερμαίνεται στη συνέχεια σε 90°C περίπου μέσω εναλλάκτη (οικονομητή), που ανακτά μέρος της θερμότητας των καυσαερίων. Το νερό αυτό είναι ο φορέας της διατιθέμενης θερμότητας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπως αυτές που απεικονίζονται στο Σχήμα 4.1.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της μονάδας παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Επισημαίνεται ότι το καλοκαίρι η τροφοδοσία του ξηραντηρίου της μηδικής (που εξετάζεται στη συνέχεια) απαιτεί αέρα θερμοκρασίας περίπου 250°C. Για την παροχή του θερμού αέρα, η μονάδα λειτουργεί απλώς ως μονάδα καύσης της βιομάζας. Το διαθερμικό λάδι, θερμοκρασίας 280-300°C θερμαίνει τον αέρα σε εναλλάκτη λαδιού-αέρα, που θεωρούμε ότι περιλαμβάνεται στη μονάδα ξήρανσης της μηδικής, ψύχεται στη θερμοκρασία εισόδου (220-250°C) και επιστρέφει στον καυστήρα της βιομάζας. Όταν λειτουργεί σε αυτή την κατάσταση η μονάδα δεν παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης δεν γίνεται ανάκτηση της θερμότητας των καυσαερίων. Η συνολική απόδοση της μονάδας, όταν λειτουργεί με τον τρόπο αυτό είναι 77,6%.

## Σχήμα 4.1 Μονάδα συμπαραγωγής με βιομάζα



**Πίνακας 4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας συμπαραγωγής με βιομάζα**

Φορέας θερμότητας	Διαθερμικό λάδι, κλειστό κύκλωμα	
Ονομαστική θερμοκρασία διαθερμικού ελαίου (είσοδος / έξοδος μονάδας ΣΗΘ)	300/250	°C
Ροή διαθερμικού ελαίου	52,0	kg/s
Εισερχόμενη ισχύς από διαθερμικό λάδι	6380	kW
Ροή ζεστού νερού	62,0	kg/s
Θερμοκρασία ζεστού νερού (είσοδος/έξοδος)	60/80	°C
Θερμική ισχύς στο ζεστό νερό	5115	kW
Θερμοκρασία ζεστού νερού στην έξοδο του οικονομητή	81,5	°C
Θερμική ισχύς στο ζεστό νερό στην έξοδο του οικονομητή	5514	kW
Διαθέσιμη ηλεκτρική ισχύς στην έξοδο	1100	kW
Ηλεκτρική γεννήτρια	Ασύγχρονη, 1250 kW	
Απόδοση λέβητα διαθερμικού ελαίου	80%	
Απαιτούμενη ενέργεια από βιομάζα	7975	kW
Συνολική απόδοση μονάδας	83%	

Οι παραδοχές που γίνονται για τη λειτουργία της μονάδας κατά τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

## Πίνακας 4.2 Παραδοχές λειτουργίας της μονάδας συμπαραγωγής με βιομάζα

	Κατάσταση I - Χειμώνας	Κατάσταση II - Θέρος	
<b>Στοιχεία σχεδιασμού</b>			
Τροφοδοσία βιομάζας	7.975	7.975	kW
Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια	1.100		kW
Παραγόμενη Θερμότητα	5.514	6.189	kW
Φορέας θερμότητας	νερό 80°	αέρας 250°	
<b>Στοιχεία λειτουργίας</b>			
Ημέρες λειτουργίας	181	165	ημ./έτος
Διαθεσιμότητα	79,2%	76,4%	
Ωρες λειτουργίας	3.447	3.024	h/έτος
Μέση θερμογόνο δύναμη βιομάζας	3.487	3.332	kcal/kg
Παροχή τροφοδοσίας βιομάζας	1.967	2.059	kg/h
Συνολική ποσότητα βιομάζας	6.780	6.225	tn/έτος

Η μικρή διαφορά στη θερμογόνο δύναμη της βιομάζας το χειμώνα και το καλοκαίρι οφείλεται στο διαφορετικό είδος βιομάζας που χρησιμοποιείται ανά εποχή, με βάση την περίοδο της συγκομιδής κάθε τύπου βιομάζας (Πίνακας 2.3). Η διαφοροποίηση αυτή συνεπάγεται επίσης ελαφρά διαφορετικό κόστος της βιομάζας. Οι ποσότητες βιομάζας κάθε τύπου ανά μήνα καθώς και τα σχετικά κόστη (σύμφωνα με τον Πίνακα 2.8) παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3. Στον πίνακα αυτό φαίνεται ακόμη η εκτιμώμενη διαθεσιμότητα της μονάδας σε μηνιαία βάση, από την οποία προκύπτουν οι εποχικές μέσες διαθεσιμότητες του Πίνακα 4.2.

### Πίνακας 4.3 Είδη βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία της μονάδας και συναφή στοιχεία

Μήνας		ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ I - ΧΕΙΜΩΝΑΣ				ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ II - ΘΕΡΟΣ						ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ I - ΧΕΙΜΩΝΑΣ			Σύνολο έτους
		ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ(1)	ΟΚΤ(2)	ΝΟΕ	ΔΕΚ	
Ημέρες		31	28	31	15	30	30	30	30	30	15	15	30	31	346
Διαθεσιμότητα		90%	85%	80%	60%	70%	80%	80%	80%	75%	70%	60%	70%	90%	
Ωρες		670	576	595	216	504	576	576	576	540	252	216	504	670	6.471
Βιομάζα	MWh	5.340	4.596	4.747	1.723	4.019	4.594	4.594	4.594	4.307	2.010	1.723	4.019	5.340	51.604
Είδος		Κλαδιά δένδρων*					Άχυρο σιτηρών			Καλαμπόκι-Ηλιάνθος			Βαμβάκι		
Θερμογ. Δύναμις	kcal/kg	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.500	3.500	
Ποσότητα	tn	1.312	1.129	1.166	423	988	1.197	1.197	1.197	1.122	524	449	988	1.312	13.005
Απόδοση	kg/στρ.	500	500	500	500	150	150	150	150	1.000	1.000	1.000	250	250	
Έκταση	στρέμ.	2.624	2.259	2.333	847	6.584	7.981	7.981	7.981	1.122	524	449	3.950	5.249	49.883
Μοναδιαίο Κόστος	€/kg	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	0,09	0,09	
Κόστος	€	65.606	56.465	58.317	21.163	49.381	83.798	83.798	83.798	44.892	20.950	17.957	88.886	18.092	793.104
<b>Εποχικά σύνολα</b>		<b>Χειμώνας</b>					<b>Θέρος</b>								
Ημέρες λειτουργίας		181					165								
Ωρες λειτουργίας		3.447					3.024								
Μέση διαθεσιμότητα		79,2%					76,4%								
Βιομάζα	tn	6.780					6.225								
Συνολική ενέργεια	MWh	27.487					24.116								
Μέση Θ.Δ.	kcal/kg	3.487					3.332								
Συνολικό κόστος	€	426.486					366.618								
Μέσο κόστος	€/kg	0,063					0,059								
Μέσο κόστος έτους	€/kg	<b>0,061</b>													

\* Τα κλαδιά των δένδρων μπορούν να ενισχυθούν και με βαμβακικές και καλαμποκίες. Επίσης επισημαίνεται ότι υπάρχει ξυλεία διαθέσιμη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Εάν χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά η βιομάζα που αναφέρεται στον Πίνακα 4.3, οι συνολικές απαιτήσεις της μονάδας ανέρχονται σε 13.000 τόνους ετησίως, για την κτήση των οποίων απαιτούνται αντίστοιχες καλλιέργειες 50.000 στρεμμάτων. Αν θεωρήσουμε ότι η μονάδα εγκαθίσταται στο Τυχερό, η απαιτούμενη βιομάζα είναι περίπου το ήμισυ του δυναμικού του Δήμου Τυχερού. Είναι όμως μόλις το 9% του συνδυασμένου δυναμικού των Δήμων Τυχερού, Φερών, Τραϊανουπόλεως και Αλεξανδρουπόλεως και συνεπώς μπορεί να γίνει διαθέσιμη με κατάλληλη οργάνωση και σε σχετικά χαμηλές τιμές (χωρίς να επιβαρύνεται με υψηλά μεταφορικά κόστη). Εναλλακτικά, η απαιτούμενη έκταση για τις απαραίτητες καλλιέργειες (περίπου 50.000 στρέμματα) είναι λιγότερο από το 1/6 της συνολικής έκτασης που περιλαμβάνεται σε ακτίνα 10 χιλιομέτρων από τη μονάδα (314.000 στρέμματα) και συνεπώς μπορεί να διασφαλιστεί.

Αν παρόμοια μονάδα εγκατασταθεί πλησίον της Κομοτηνής, η απαιτούμενη βιομάζα είναι περίπου 12% του συνδυασμένου δυναμικού των Δήμων Κομοτηνής, Αιγείρου, Σιδηροχωρίου, και Σώστη και μπορεί να γίνει διαθέσιμη με κατάλληλη οργάνωση και σε σχετικά χαμηλές τιμές.

Το κόστος της επένδυσης εκτιμάται σε 3.680.000 €, ενώ το λειτουργικό κόστος (πλην καυσίμου) σε περίπου 140.000 €/έτος.

Η ανάλυση του επενδυτικού κόστους φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 4.4 και του λειτουργικού κόστους στον Πίνακα 4.5.

#### Πίνακας 4.4 Κόστος επένδυσης μονάδας συμπαραγωγής με βιομάζα (€)

Μονάδα καύσης βιομάζας	1.500.000
Μονάδα ηλεκτροπαραγωγής	1.500.000
Έργα Πολιτικού Μηχανικού	300.000
Άλλα-Απρόβλεπτα (10%)	330.000
Σύνδεση με Σύστημα ΔΕΣΜΗΕ	50.000
<b>Σύνολο επενδυτικού κόστους</b>	<b>3.680.000</b>
Επιχορήγηση από Αναπτ. Νόμο 3299/04 (55%)	2.024.000
Καταβαλλόμενη επένδυση (ίδια κεφάλαια + δάνειο)	<b>1.656.000</b>
Άδειες, κ.λπ.	80.000
<b>Καταβαλλόμενη επένδυση</b>	<b>1.736.000</b>

Σχετικά με τα επενδυτικά κόστη σημειώνεται ότι:

- Η μονάδα καύσης βιομάζας περιλαμβάνει ένα σπαστήρα, το σύστημα τροφοδοσίας της βιομάζας (με δυνατότητα προσαρμογής για διαφορετικά είδη βιομάζας) και τον υπόλοιπο βοηθητικό εξοπλισμό που απαιτείται για την τροφοδοσία της μονάδας.
- Τα έργα Πολιτικού Μηχανικού περιλαμβάνουν την κύρια μονάδα και όλα τα βοηθητικά κτήρια που απαιτούνται.
- Στην επένδυση περιλαμβάνεται ακόμη η κατασκευή εν μέρει στεγασμένης υπαίθριας αποθήκης βιομάζας περίπου 1000 τόνων.
- Στην επένδυση έχει συνυπολογιστεί και το κόστος ενός εναλλάκτη θερμότητας λαδιού-αέρα, που θα λειτουργεί κατά τους θερινούς μήνες, ανεξάρτητα αν ο εναλλάκτης αυτός θα βρίσκεται φυσικά στη μονάδα της βιομάζας ή στο ξηραντήριο της μηδικής.
- Στο παραπάνω κόστος δεν περιλαμβάνεται η αγορά γης. Θεωρούμε ότι η γη ενοικιάζεται και το ενοίκιο περιλαμβάνεται στα λειτουργικά έξοδα.
- Η επένδυση στο σύστημα τηλεθέρμανσης δεν περιλαμβάνεται στα παραπάνω κόστη. Η επένδυση αυτή εξετάζεται λεπτομερώς παρακάτω.
- Σε ό,τι αφορά τη χρηματοδότηση, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Αναπτ. Νόμου, τα απαιτούμενα ίδια κεφάλαια πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 25% της επένδυσης, ήτοι 1.000.000 €, συμπεριλαμβανομένων των εξόδων έκδοσης αδειών κ.λπ. Εάν ο εξοπλισμός αγοραστεί με χρηματοδοτική μίσθωση (leasing), η αξία της χρηματοδοτικής μίσθωσης θεωρείται μέρος των ιδίων κεφαλαίων.

## Πίνακας 4.5 Ετήσια λειτουργικά κόστη μονάδας συμπαραγωγής με βιομάζα

Στοιχείο κόστους			Σχόλια
Προσωπικό	άτομα	5	4 εργάτες και ένας διοικητικός
Μοναδιαίο κόστος	€/άτομο/μήνα	1.200	συνολικό (μικτό) κόστος
Κόστος μηχανικού (επίβλεψη)	€/μήνα	1.200	μερικής απασχόλησης
Συνολικό κόστος προσωπικού	€	86.400	
Ενοίκιο γης	€/στρέμμα	500	
Απαιτήσεις γης (στρέμματα)	στρέμματα	8	
Κόστος γης	€	4.000	
Άλλα κόστη	€	50.000	Περιλαμβάνουν παροχές (νερό, ηλεκτρισμό, κ.λπ.)
<b>Λειτουργικό κόστος</b>	<b>€</b>	<b>140.400</b>	<b>Πλην καυσίμου</b>

### 4.2.4. Σύστημα τηλεθέρμανσης

Οι εργατικές πολυκατοικίες Τυχερού βρίσκονται σε απόσταση περίπου ενός χιλιομέτρου από τη θέση η οποία έχει προβλεφθεί για την εγκατάσταση της μονάδας.

Το συγκρότημα περιλαμβάνει 22 κτήρια των 4 κατοικιών το καθένα. Από υπάρχοντα στοιχεία που μας διατέθηκαν μέσω της Υπερνομαρχίας, κάθε κτήριο καταναλώνει κατά μέσο όρο περίπου 8.000 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Δεδομένου ότι τον ίδιο χώρο πρόκειται να κατασκευαστούν και επί πλέον κτήρια (κοινοχρήστων χώρων) ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών γίνεται με 25 κτήρια αντί των 22.

Η εφαρμογή που μελετάται προβλέπει την αντικατάσταση του πετρελαίου θέρμανσης με ζεστό νερό, που παράγεται στη μονάδα συμπαραγωγής. Το ζεστό νερό μεταφέρεται από τη μονάδα συμπαραγωγής στο συγκρότημα μέσω ενός διπλού δικτύου (προσαγωγής και επιστροφής) προμονωμένων σωλήνων με ενσωματωμένα καλώδια ανίχνευσης διαρροών. Για την ομαλή κυκλοφορία του νερού στο δίκτυο τηλεθέρμανσης, απαιτείται η εγκατάσταση αντλιοστασίου. Όλες οι αντλίες διαθέτουν αναστροφέα συχνότητας για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και πλήρη πίνακα αυτοματισμών και ελέγχου. Για την εξασφάλιση της πολυετούς ζωής του δικτύου σωληνώσεων (έως και 50 χρόνια) είναι απαραίτητη η αντιδιαβρωτική του προστασία. Η επεξεργασία του νερού περιλαμβάνει απο-οξυγόνωση, ρύθμιση pH και αποσκλήρυνση. Η μονάδα κάνει αυτόματα αναλύσεις του νερού στο δίκτυο και προσθέτει αυτόματα τα χημικά πρόσθετα που απαιτούνται.

Τέλος, για τη σύνδεση κάθε κτιρίου με το δίκτυο τηλεθέρμανσης απαιτείται η εγκατάσταση θερμικού υποσταθμίου κατάλληλης ισχύος. Ο θερμικός υποσταθμός αποτελείται από τον εναλλάκτη θέρμανσης, τον εναλλάκτη Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX), αντλία κυκλοφορίας, κεντρικό ηλεκτρονικό θερμοδομετρητή και όλες τις απαραίτητες μετρητικές και ασφαλιστικές διατάξεις και βάνες απομόνωσης. Ο θερμικός υποσταθμός για κάθε κτίριο παραδίδεται προσυναρμολογημένος και μονταρισμένος επί σιδερένιου σκελετού και καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο.

Ως κίνητρο για την εγκατάσταση της τηλεθέρμανσης, το ζεστό νερό χρήσης θα πωλείται (με μακροχρόνια σύμβαση) με έκπτωση 20% επί της τιμής του εναλλακτικού καυσίμου (πετρελαίου θέρμανσης). Με τη σημερινή τιμή των περίπου 0,60 €/l και λαμβάνοντας υπόψη ότι η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου είναι περίπου 10.000 kcal/kg και η πυκνότητά του 0,795 kg/l, και λαμβάνοντας μια μέση απόδοση καυστήρα ίση με 80%, υπολογίζεται ένα κόστος του πετρελαίου θέρμανσης είναι 81,13 €/MWh θερμικής ενέργειας που παράγεται. Το ζεστό νερό θα διατεθεί συνεπώς στην τιμή των **64,91 €/MWh** (έκπτωση 20%). Επιστημαίνεται ότι, εκτός της οικονομικότητας, η τηλεθέρμανση παρέχει πλεονεκτήματα έναντι της θέρμανσης με πετρέλαιο, καθώς:

- παρέχει υψηλότερο επίπεδο άνεσης, καθώς η θερμότητα είναι διαθέσιμη οποιαδήποτε ώρα της ημέρας
- ο καταναλωτής δεν πληρώνει προκαταβολικά για την αγορά του καυσίμου αλλά πληρώνει μόνο την κατανάλωσή του περίπου δύο μήνες μετά.

Στους υπολογισμούς παροχής της θερμότητας λαμβάνονται ακόμη υπόψη τα εξής:

- Απώλειες 5% στον εναλλάκτη (υποσταθμό) κάθε κτιρίου
- Η κατανάλωση θερμότητας είναι μεγαλύτερη κατά περίπου 8% με την τηλεθέρμανση από ότι με το πετρέλαιο, λόγω της πρόσθετης χρήσης της θερμότητας για ZNX, πράγμα που στην περίπτωση της θέρμανσης με πετρέλαιο δεν μπορεί να γίνεται τις ώρες που δεν λειτουργεί ο καυστήρας.

Όλοι οι υπολογισμοί του συστήματος τηλεθέρμανσης συνοψίζονται στους Πίνακες 4.6 και 4.7.

## Πίνακας 4.6 Στοιχεία συστήματος τηλεθέρμανσης και πωλήσεων θερμικής ενέργειας

Στοιχεία κατανάλωσης		
Αριθμός κτηρίων		25
Απαιτήσεις ανά κτήριο	l diesel	8000
Απαιτήσεις ανά κτήριο	MWh	59,16
Συνολικές απαιτήσεις	MWh	1479
Επιπλέον Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX, + 8%)	MWh	122
Συνολικές απαιτήσεις (μαζί με ZNX)	MWh	1597
Πωλούμενη θερμότητα (5% απώλειες εναλλάκτη)	MWh	1681
Απώλειες μεταφοράς κ.λπ.		10%
Παρεχόμενη θερμότητα	MWh	1868
Στοιχεία πωλήσεων		
Έκπτωση (επί ντίζελ)		20%
Τιμή πώλησης	€/MWh	64,91
Συνολικά έσοδα	€	109.137

## Πίνακας 4.7 Ανάλυση κόστους συστήματος τηλεθέρμανσης

Κόστος επένδυσης	αριθμός		€
Προμήθεια προμονωμένων σωλήνων τηλεθέρμανσης DN150	2000	m	88000
Προμήθεια προμονωμένων σωλήνων τηλεθέρμανσης DN65 - DN25	1250	m	18750
Προμήθεια ειδικών τεμαχίων (T, καμπύλες, σύνδεσμοι κ.λπ.)			12810
Εγκατάσταση σωληνώσεων δικτύου τηλεθέρμανσης			143472
Προμήθεια και εγκατάσταση θερμικών υποσταθμών καταναλωτών (50 kW) με κεντρικούς θερμιδομετρητές	25	τεμ.	55000
Αντλιοστάσιο και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων	1	τεμ.	22000
Ηλεκτρολογικά & σύστημα ανίχνευσης διαρροών			18000
Μελέτη & επίβλεψη			35000
<b>Συνολική επένδυση</b>			<b>393.032</b>
Επιχορήγηση από Αναπτ. Νόμο 3299/04 (50%)			196.516
Καταβαλλόμενη επένδυση (δάνειο + ίδια κεφάλαια)			<b>196.516</b>
<b>Ετήσιο Κόστος λειτουργίας</b>			<b>€ 5.000</b>

### 4.2.5. Θερμοκήπιο

Η υπόλοιπη θερμότητα που παράγεται κατά τη χειμερινή περίοδο, μετά την αφαίρεση αυτής που παρέχεται στο σύστημα τηλεθέρμανσης, διοχετεύεται σε ένα θερμοκήπιο 100 στρεμμάτων, που προτείνεται να κατασκευαστεί πλησίον της μονάδας συμπαραγωγής.

Το θερμοκήπιο αυτό έχει μελετηθεί αναλυτικά από την ΙΤΑ για συνθήκες παρόμοιες με αυτές της περιοχής (Δράμα). Οι συνολικές θερμικές του ανάγκες κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης εκτιμώνται σε περίπου 30.000 MWh, αν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του υαλοπίνακα ή 38.000 MWh/έτος, αν χρησιμοποιηθεί πολυαιθυλένιο (που είναι φθηνότερο). Η διατιθέμενη από τη μονάδα θερμότητα καλύπτει περίπου το ήμισυ των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου (56% ή 44% για υαλοπίνακα και πολυαιθυλένιο αντίστοιχα), όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.8. Οι υπόλοιπες θερμικές ανάγκες,



καθώς και οι ανάγκες του θερμοκηπίου σε CO<sub>2</sub> καλύπτονται από καυστήρες μαζούτ, τους οποίους λειτουργεί η εταιρεία που διαχειρίζεται το θερμοκήπιο. (Η εκτίμηση γίνεται με μαζούτ, διότι εκτιμάται ότι δεν θα υπάρχει φυσικό αέριο διαθέσιμο στην περιοχή.) Σε κάθε περίπτωση, η διάθεση της θερμότητας γίνεται με κυκλοφορία του θερμού νερού σε σωλήνες που διατρέχουν το θερμοκήπιο.

Το γεγονός ότι η θερμότητα καλύπτει περίπου το ήμισυ των θερμικών αναγκών του θερμοκηπίου επιτρέπει στη μονάδα να λειτουργεί με σχετικά υψηλή διαθεσιμότητα στη διάρκεια του χειμώνα, χωρίς να υπάρχει ανάγκη δεξαμενής νερού ή άλλης εγκατάστασης αποθήκευσης της θερμότητας, που και δαπανηρή είναι και συνεπάγεται σημαντικές απώλειες.

Η προτίμηση στην αγορά της θερμότητας από τη μονάδα εξασφαλίζεται με τη διάθεσή της με σημαντική έκπτωση (20%) επί του κόστους του μαζούτ που απαιτείται για την παραγωγή ίσης ποσότητας θερμότητας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η θερμογόνος δύναμη του μαζούτ είναι 9.600 kcal/kg, η απόδοση του καυστήρα είναι περίπου 83% και η τιμή του καυσίμου 0,35 €/kg, προκύπτει κόστος του μαζούτ 37,78 € ανά παραγόμενη θερμική MWh. Συνεπώς η θερμότητα από τη μονάδα της βιομάζας διατίθεται στην τιμή των **30,22 €/MWh**.

Η μελέτη παρόμοιου θερμοκηπίου από την ΙΤΑ (Δράμα) έχει αποδείξει την ελκυστικότητα της επένδυσης του θερμοκηπίου για την περίπτωση που χρησιμοποιείται ως καύσιμο φυσικό αέριο. Δεδομένου ότι το μαζούτ έχει περίπου την ίδια τιμή με το φυσικό αέριο και ότι η θερμότητα από την καύση της βιομάζας θα παρέχεται με έκπτωση 20% επί της τιμής του μαζούτ, η επένδυση παραμένει ελκυστική.

#### Πίνακας 4.8 Στοιχεία πωλήσεων θερμικής ενέργειας στο θερμοκήπιο

Στοιχεία θερμοκηπίου		
Έκταση	στρέμματα	100
Χρησιμοποιούμενο υλικό		υαλοπίνακας
Στοιχεία κατανάλωσης		ανά έτος
Θερμικές απαιτήσεις	MWh	30.025
Διατιθέμενη θερμότητα	MWh	17.187
Απώλειες		2,5%
Πωλούμενη θερμότητα	MWh	16.758
Καλυπτόμενες ανάγκες		56%
Στοιχεία πωλήσεων		ανά έτος
Έκπτωση (επί μαζούτ)		20%
Τιμή πώλησης	€/MWh	30,22
Συνολικά έσοδα	€	506.428

#### 4.2.6. Ξηραντήριο μηδικής

Η μηδική είναι ένα χόρτο που αποξηραίνεται και χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή. Οι ξηραντήρες μηδικής είναι δύο τύπων:

- περιστρεφόμενου τυμπάνου: Η ξήρανση γίνεται με ανοιχτή φλόγα σε θερμοκρασία 700-1000°C. Η ζωοτροφή εξέρχεται σε μορφή πελέτας
- τύπου «αλυσίδας»: Η μηδική φορτώνεται πάνω σε μεταφορική ταινία. Η ξήρανση γίνεται είτε με καυσαέρια είτε με καθαρό θερμό αέρα θερμοκρασίας περίπου 250°C. Ο αέρας ή τα καυσαέρια περνούν κάτω από την ταινία.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση μελετάται ξηραντήρας τύπου αλυσίδας. Στην Ευρώπη υπάρχουν πολλά ξηραντήρια αυτού του τύπου, τα οποία λειτουργούν συνήθως με μαζούτ ή/και με φυσικό αέριο. Όταν χρησιμοποιείται καθαρός αέρας γίνεται «οικολογική» ξήρανση, που οδηγεί σε υψηλότερης ποιότητας και σημαντικά υψηλότερης αξίας προϊόν (ζωοτροφή), καθώς αυτό δεν μολύνεται με διάφορους ρύπους που περιλαμβάνονται στα καυσαέρια. Λαμβάνοντας υπόψη το πρόσθετο αυτό όφελος για τον φορέα που εκμεταλλεύεται το ξηραντήριο, ο θερμός αέρας παρέχεται με ποσοστό έκπτωσης επί της τιμής του εναλλακτικού καυσίμου (μαζούτ) μικρότερο από ότι το θερμό νερό στην τηλεθέρμανση και στο θερμοκήπιο (10% έκπτωση αντί 20%). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η θερμογόνος δύναμη του μαζούτ είναι 9.600 kcal/kg, η απόδοση του καυστήρα είναι περίπου 83% και η τιμή του καυσίμου 0,35 €/kg, προκύπτει κόστος του μαζούτ 37,78 € ανά παραγόμενη θερμική MWh. Συνεπώς η θερμότητα από τη μονάδα της βιομάζας διατίθεται στην τιμή των **34,00 €/MWh** (Πίνακας 4.9).

## Πίνακας 4.9 Στοιχεία πωλήσεων θερμικής ενέργειας στο ξηραντήριο μηδικής

Στοιχεία κατανάλωσης - πωλήσεων		
Συνολική διατιθέμενη θερμότητα	MWh	18.714
Απώλειες		5%
Πωλούμενη θερμότητα	MWh	17.779
Έκπτωση (επί μαζούτ)		10%
Τιμή πώλησης	€/MWh	34,00
Συνολικά έσοδα	€	604.446
Στοιχεία λειτουργίας ξηραντηρίου		
Υγρασία μηδικής στην είσοδο		75%
Υγρασία μηδικής στην έξοδο		10%
Αφαιρούμενη υγρασία ανά κίλό τροφοδοσίας	kg	0,65
Λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης	kcal/kg	600*
Απαιτούμενη θερμότητα ανά kg τροφοδοσίας	kcal/kg	390
Συντελεστής απόδοσης ξήρασης		60%
Συνολική ποσότητα τροφοδοσίας μηδικής	tn/έτος	23.522
Παραγωγή ξηρού προϊόντος	tn	8.233
Λειτουργία (ώρες)	h	3.024
Τροφοδοσία μηδικής	tn/h	7,8
Στρεμματική απόδοση (επί ξηρού)	tn/στρ.	1,5
Απαιτούμενη έκταση	στρέμ.	5.489

\* Η λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης του νερού (540 kcal/kg) είναι προσαυξημένη κατά περίπου 10%, δεδομένου ότι η εξάτμιση γίνεται από τη μάζα του προϊόντος και όχι από ελεύθερη επιφάνεια.

### 4.2.7. Λειτουργία του συγκροτήματος

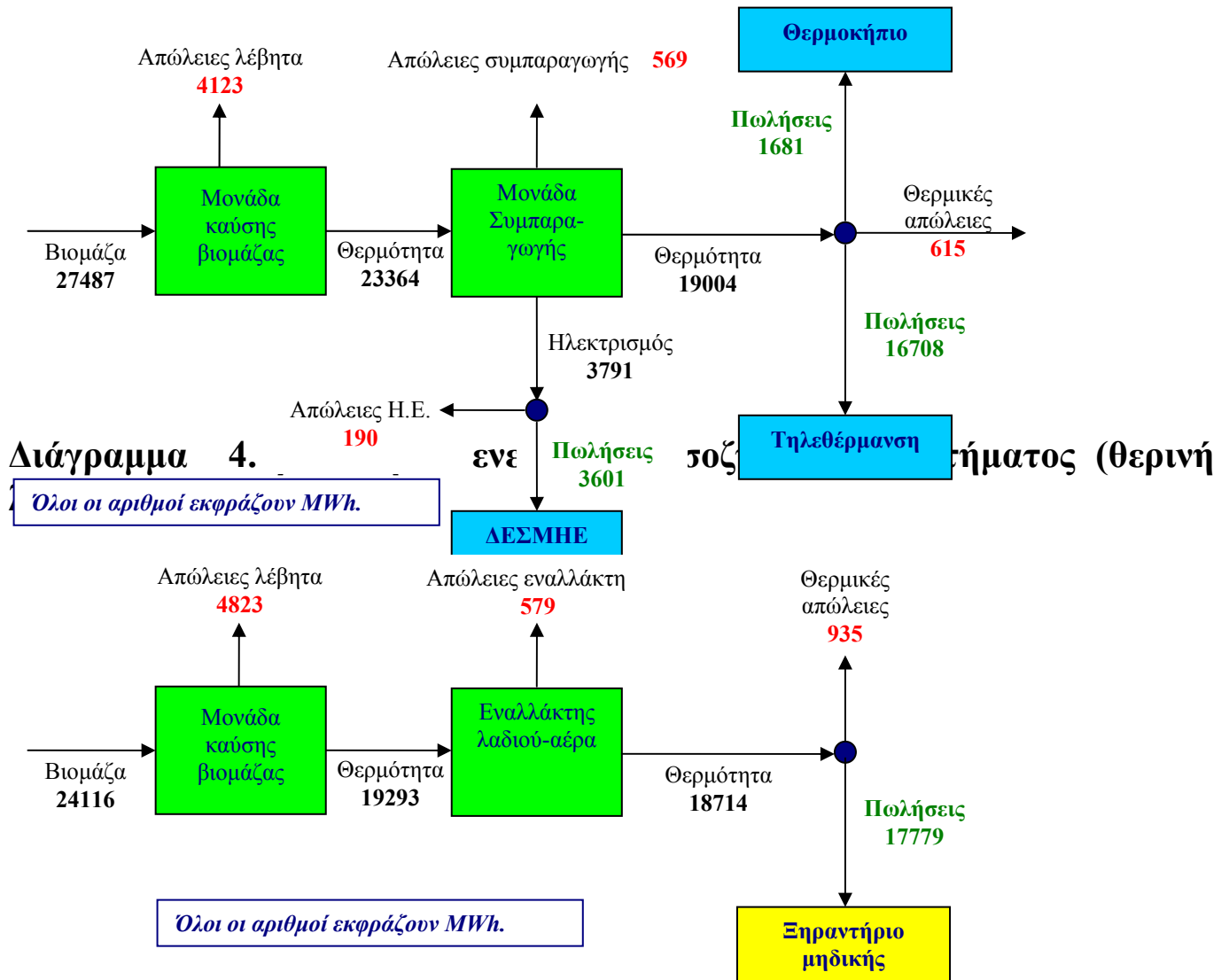
Ο παρακάτω Πίνακας 4.10 συνοψίζει τις παραδοχές σχετικά με την παραγωγή και διάθεση της ενέργειας από τη μονάδα συμπαραγωγής, κατά τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο, για τα Σενάρια I και II.

### Πίνακας 4.10 Καταναλωτές της παραγόμενης θερμικής ενέργειας

Πελάτης	Χειμώνας (16/10 – 15/04)			Θέρος (01/01 – 15/10)		
	Ποσότητα (MWh)	Τιμή (€/MWh)	Έσοδα (€)	Ποσότητα (MWh)	Τιμή (€/MWh)	Έσοδα (€)
<b>Παραγόμενη Η.Ε.</b>	3.791			0		
<b>Πωλούμενη Η.Ε.</b>						
ΔΕΣΜΗΕ (95%)	3.602	68,42	255.727	0	68,42	0
<b>Παραγόμενη θερμότητα</b>	19.004			18.714		
<b>Πωλούμενη θερμότητα - Σενάριο I</b>						
Τηλεθέρμανση Τυχερού	1.681	64,91	109.137			
Θερμοκήπιο	16.708	30,22	504.917			
Μονάδα μηδικής				17.779	34,00	604.446
<b>Σύνολο</b>	<b>18.389</b>		<b>614.054</b>	<b>17.779</b>		<b>604.446</b>
Μέση τιμή πώλησης		<b>33,39</b>			<b>34,00</b>	
<b>Πωλούμενη θερμότητα - Σενάριο II</b>						
Θερμοκήπιο	18.529	30,22	559.967			
Μονάδα μηδικής				17.779	34,00	604.446
<b>Σύνολο</b>	<b>18.389</b>		<b>559.967</b>	<b>17.779</b>		<b>604.446</b>
Μέση τιμή πώλησης		<b>30,22</b>			<b>34,00</b>	

Τα ενεργειακά ισοζύγια λειτουργίας του συγκροτήματος σύμφωνα με το Σενάριο I (μονάδα συμπαραγωγής και πελάτες της) το χειμώνα και το καλοκαίρι παριστάνονται σχηματικά στα Διαγράμματα 4.2α και 4.2β αντίστοιχα.

## Διάγραμμα 4.2α Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο συγκροτήματος (χειμερινή λειτουργία)



## 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑΣ

### 5.1. Σενάριο I

Όλες οι παραδοχές σχετικά με τη μονάδα συμπαραγωγής με βιομάζα, την τροφοδοσία της, τη λειτουργία της και τη διάθεση των ενεργειακών προϊόντων της έχουν παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

Ο υπολογισμός του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (IRR) της συνολικής επένδυσης (μονάδα συμπαραγωγής – σύστημα τηλεθέρμανσης) γίνεται με τις εξής περαιτέρω παραδοχές:

- Πρόκειται για απλό εσωτερικό βαθμό απόδοσης της επένδυσης, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο τρόπος χρηματοδότησης και το σχετικό κόστος. Το IRR υπολογίζεται επί του συνολικού κεφαλαίου της επένδυσης που καταβάλλεται (δηλαδή χωρίς τα ποσά των επιχορηγήσεων).
- Ο υπολογισμός γίνεται με πραγματικές (αποπληθωρισμένες) τιμές.
- Χρόνος ζωής της μονάδας: 20 έτη.
- Μηδενική υπολειμματική αξία της μονάδας στο τέλος αυτού του διαστήματος

Με τις παραπάνω παραδοχές, το IRR της επένδυσης υπολογίζεται σε **27,5%**. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι εξαιρετικά αποδοτική. Σημειώνεται ότι η θεώρηση υπολειμματικής αξίας δεν επηρεάζει σημαντικά το IRR. Π.χ. αν η υπολειμματική αξίας ληφθεί ίση με το ήμισυ της αρχικής επένδυσης, το IRR αυξάνεται μόλις σε 27,7%.

Δεδομένου ότι υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα τόσο ως προς τις τιμές απόκτησης της βιομάζας όσο και ως προς τις τιμές των καυσίμων μακροπρόθεσμα, πραγματοποιείται ανάλυση για να προσδιοριστεί η ευαισθησία του IRR ως προς:

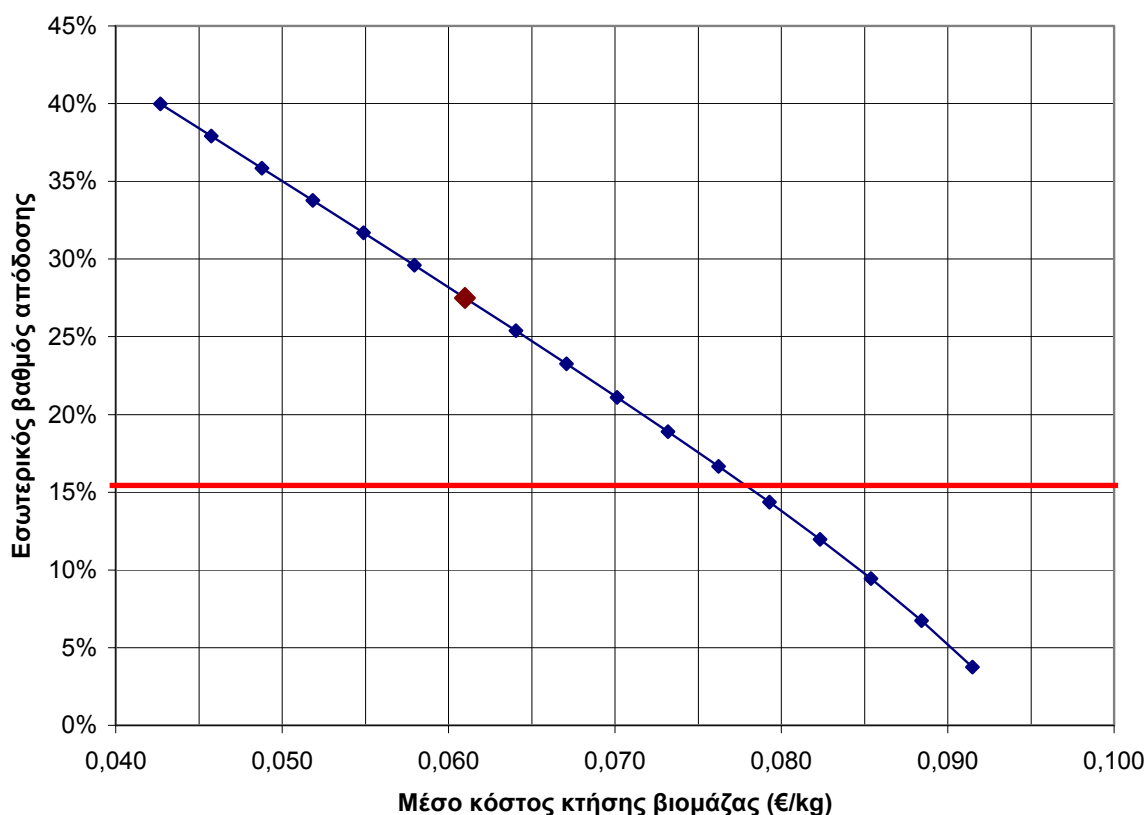
- Το μέσο κόστος της βιομάζας
- Τις τιμές πώλησης της ενέργειας

Εξετάζεται ακόμη η ευαισθησία του IRR στο επενδυτικό κόστος και τα λειτουργικά κόστη.

#### 5.1.1. Ευαισθησία στο κόστος της βιομάζας

Η παραπάνω τιμή του IRR αντιστοιχεί σε μέσο κόστος κτήσης της βιομάζας **0,0610 €/kg**. Αύξηση ή μείωση του κόστους της βιομάζας κατά 10% επιφέρει αντίστοιχα μείωση ή αύξηση του IRR κατά 4,2 ποσοστιαίες μονάδες. Αν το μέσο κόστος κτήσης της βιομάζας αυξηθεί κατά 20% (0,0732 €/kg), το IRR ελαττώνεται σε 18,9%, δηλαδή η επένδυση παραμένει οικονομική, αν δεχθούμε το 15% ως το κατώτερο όριο IRR μιας αποδοτικής επένδυσης. Αν το μέσο κόστος κτήσης της βιομάζας αυξηθεί κατά 30% (0,0793 €/kg), το IRR ελαττώνεται σε 14,4% και η επένδυση παύει να είναι οικονομική. Οριακή οικονομικότητα (IRR=15%) εξασφαλίζεται για μέση τιμή κτήσης της βιομάζας 0,0784 €/kg. Στο Διάγραμμα 5.1 φαίνεται πώς μεταβάλλεται το IRR με τη μέση τιμή κτήσης της βιομάζας, για μεταβολές της τιμής αυτής από -30% έως +50% της βασικής τιμής που χρησιμοποιήθηκε.

## Διάγραμμα 5.1 Ευαισθησία του IRR στο κόστος κτήσης της βιομάζας – Σενάριο I



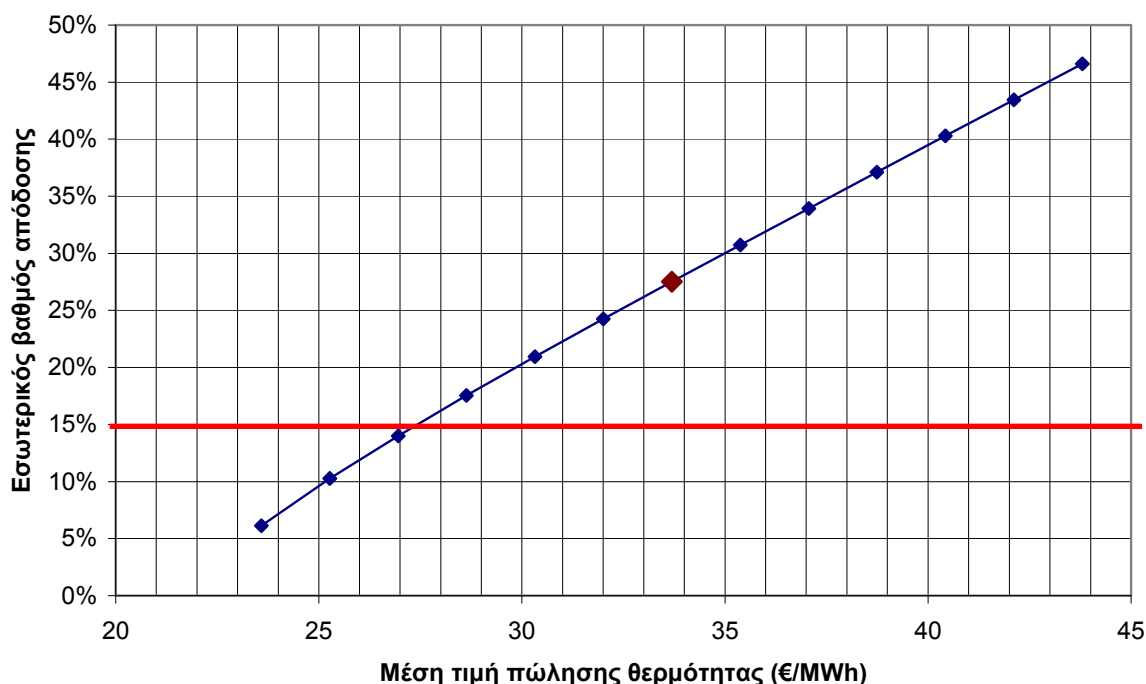
### 5.1.2. Ευαισθησία στην τιμή πώλησης της θερμότητας

Το βασικό Σενάριο I αντιστοιχεί σε μέση τιμή πώλησης της θερμότητας **33,69 €/MWh**. Δεδομένου ότι όλες οι τιμές πώλησης της θερμότητας συναρτώνται με τις τιμές των εναλλακτικών καυσίμων, οι οποίες εξαρτώνται από την τιμή του πετρελαίου, είναι λογικό να θεωρηθεί ότι όλες οι τιμές – και συνεπώς και η μέση τιμή πώλησης – θα μεταβάλλονται περίπου ανάλογα με την τιμή του πετρελαίου σε μακροπρόθεσμη βάση. Αντίθετα, η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας συναρτάται με τα τιμολόγια της ΔΕΗ, τα οποία παρουσιάζουν μικρή εξάρτηση στις τιμές του πετρελαίου, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα παράγεται κυρίως από λιγνίτη. Έτσι, η παρούσα ανάλυση εξετάζει την ευαισθησία του IRR στη μέση τιμή πώλησης της θερμικής ενέργειας. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται διαχρονικά σταθερή σε σταθερές τιμές, δηλαδή γίνεται η παραδοχή ότι θα αυξάνεται μακροπρόθεσμα με βάση τον πληθωρισμό.

Αν η τιμή πώλησης της θερμότητας μειωθεί κατά 10%, το IRR ελαττώνεται κατά 6,6 ποσοστιαίες μονάδες σε 20,9%. Αντίστοιχα, αν η τιμή πώλησης της θερμότητας αυξηθεί κατά 10%, το IRR αυξάνεται κατά 6,4 ποσοστιαίες μονάδες σε 33,9%. Στο Διάγραμμα 5.2 φαίνεται η μεταβολή του IRR με την μέση τιμή πώλησης της θερμότητας, για διακυμάνσεις της τιμής αυτής από -30% έως +30% της τιμής βάσης.

Όπως φαίνεται, η οριακή οικονομικότητα (IRR=15%) επιτυγχάνεται για τιμή πώλησης της θερμότητας 27,42 €/MWh, που είναι κατά 19% περίπου μικρότερη της βασικής τιμής.

## Διάγραμμα 5.2 Ευαισθησία του IRR στην τιμή πώλησης της θερμότητας – Σενάριο I



### 5.1.3. Ευαισθησία στο επενδυτικό κόστος

Στο βασικό Σενάριο I, το συνολικό κόστος της επένδυσης (μονάδα συμπαραγωγής βιομάζας και σύστημα τηλεθέρμανσης) που καταβάλλεται (ίδια κεφάλαια + δάνεια) έχει εκτιμηθεί σε 1.932.500 €. Αν το επενδυτικό κόστος είναι υψηλότερο κατά 20% (καταβαλλόμενη επένδυση 2.319.000 €) το IRR είναι μικρότερο κατά 4,8 ποσοστιαίες μονάδες (22,7%). Ακόμη και αν το επενδυτικό κόστος είναι κατά 50% υψηλότερο (2.899.000 €) η επένδυση παραμένει κερδοφόρα (IRR=17,8%). Συνεπώς, η οικονομικότητα του έργου δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε αυξήσεις του επενδυτικού κόστους. Αντίθετα, το IRR είναι περισσότερο ευαίσθητο σε μειώσεις του επενδυτικού κόστους. Αν το συνολικό επενδυτικό κόστος είναι χαμηλότερο κατά 20% (καταβαλλόμενη επένδυση 1.546.000 €) το IRR είναι μεγαλύτερο κατά 7 ποσοστιαίες μονάδες (34,6%).

### 5.1.4. Ευαισθησία στο λειτουργικό κόστος πλην καυσίμου

Στο βασικό Σενάριο I, το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος της επένδυσης πλην καυσίμου (μονάδα συμπαραγωγής βιομάζας και σύστημα τηλεθέρμανσης) έχει εκτιμηθεί σε 145.400 €, από τα οποία 5.000 € είναι το λειτουργικό κόστος του συστήματος τηλεθέρμανσης. Αν το λειτουργικό κόστος είναι αυξημένο κατά 30% (189.020 €) το IRR είναι μειωμένο κατά 2,3 ποσοστιαίες μονάδες (25,2%), ενώ αν το λειτουργικό κόστος είναι μειωμένο κατά 30% (101.780 €) το IRR είναι αντίστοιχα αυξημένο κατά 2,3 ποσοστιαίες μονάδες (29,8%). Ακόμη και αν το λειτουργικό κόστος είναι κατά 50% υψηλότερο (218.100 €) το IRR είναι μειωμένο κατά μόλις 4 ποσοστιαίες μονάδες (23,6%). Συνεπώς, το IRR δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στο λειτουργικό κόστος πλην καυσίμου.

## 5.2. Σενάριο II

Υπενθυμίζουμε ότι μόνη διαφορά του Σεναρίου II από το Σενάριο I είναι η μη ύπαρξη τηλεθέρμανσης. Όλη η θερμική ενέργεια της μονάδας συμπαραγωγής που παράγεται το χειμώνα διοχετεύεται στο θερμοκήπιο. Το καλοκαίρι η λειτουργία της μονάδας είναι η ίδια όπως στο Σενάριο I.

Με τις ίδιες παραδοχές που ισχύουν για το Σενάριο I, το IRR της επένδυσης του Σεναρίου II υπολογίζεται σε **27,8%**, δηλαδή περίπου το ίδιο με αυτό του Σεναρίου I. Η επένδυση χωρίς τηλεθέρμανση είναι το ίδιο αποδοτική όσο και στην περίπτωση της τηλεθέρμανσης.

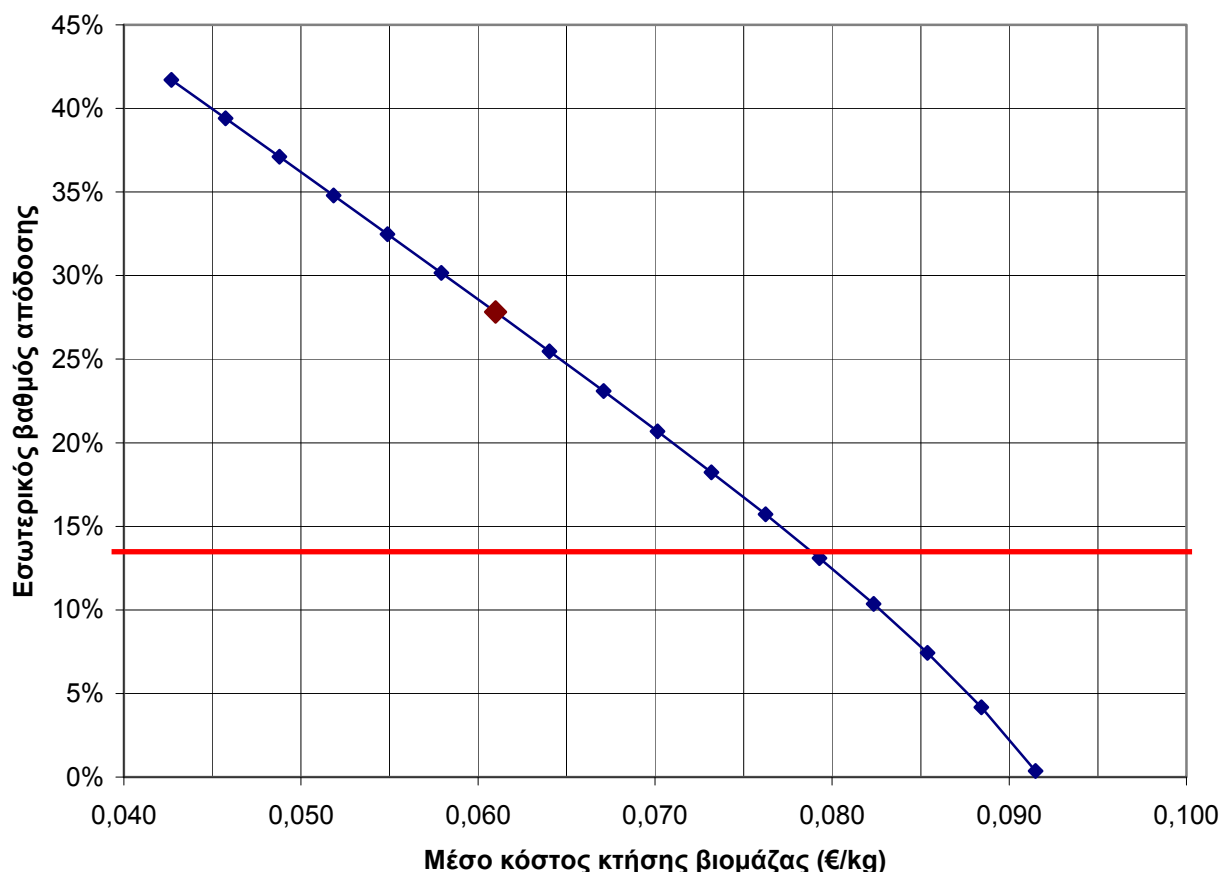
Εξ άλλου το IRR μόνο της επένδυσης της τηλεθέρμανσης μπορεί να υπολογιστεί, λαμβάνοντας υπόψη την καταβαλλόμενη επένδυση της τηλεθέρμανσης (196.500 €), το λειτουργικό κόστος της τηλεθέρμανσης καθώς και τα επιπλέον έσοδα λόγω της

λειτουργίας της τηλεθέρμανσης. Οι επιπλέον αυτές εισπράξεις προέρχονται από το γεγονός ότι η θερμότητα διατίθεται στην τηλεθέρμανση σε πολύ υψηλότερη τιμή από ότι στο θερμοκήπιο. Το IRR της επένδυσης της τηλεθέρμανσης που υπολογίζεται με τον τρόπο αυτό είναι **27,3%**. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση είναι πολύ αποδοτική, δηλαδή συμφέρει στον υποψήφιο επενδυτή να επενδύσει τα επιπλέον χρήματα προκειμένου να εισπράξει το επιπλέον έσοδο από τη λειτουργία του συστήματος τηλεθέρμανσης. Η επένδυση παραμένει αποδοτική (IRR=17,6%) ακόμη και αν το κόστος της επένδυσης αυξηθεί κατά 50%, δεν είναι όμως αποδοτική (IRR=12,4%) χωρίς επιχορήγηση (καταβαλλόμενη επένδυση 393.000 €). Ακολουθεί ανάλυση ευαισθησίας παρόμοια με αυτή που πραγματοποιήθηκε για το Σενάριο I.

### 5.2.1. Ευαισθησία στο κόστος της βιομάζας

Η παραπάνω τιμή του IRR (27,8%) αντιστοιχεί σε μέσο κόστος κτήσης της βιομάζας **0,0610 €/kg**. Αύξηση ή μείωση του κόστους της βιομάζας κατά 10% επιφέρει αντίστοιχα μείωση ή αύξηση του IRR κατά 4,7 ποσοστιαίες μονάδες. Αν το μέσο κόστος κτήσης της βιομάζας αυξηθεί κατά 20% (0,0732 €/kg), το IRR ελαττώνεται σε 18,2%, δηλαδή η επένδυση παραμένει οικονομική. Αν το μέσο κόστος κτήσης της βιομάζας αυξηθεί κατά 30% (0,0793 €/kg), το IRR ελαττώνεται σε 13,1% και η επένδυση δεν είναι οικονομική. Οριακή οικονομικότητα (IRR=15%) εξασφαλίζεται για μέση τιμή κτήσης της βιομάζας 0,0777 €/kg (26% κάτω από την τιμή βάσης). Στο Διάγραμμα 5.3 φαίνεται πώς μεταβάλλεται το IRR με τη μέση τιμή κτήσης της βιομάζας, για μεταβολές της τιμής αυτής από -30% έως +50% της βασικής τιμής που χρησιμοποιήθηκε.

### Διάγραμμα 5.3 Ευαισθησία του IRR στο κόστος κτήσης της βιομάζας – Σενάριο II



Η ευαισθησία του IRR στο κόστος της κτήσης της βιομάζας στο Σενάριο II είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από ότι στο Σενάριο I. Αυτό οφείλεται στο μικρότερο ύψος της συνολικής επένδυσης στο Σενάριο II, στην οποία δεν περιλαμβάνεται η τηλεθέρμανση.

### 5.2.2. Ευαισθησία στην τιμή πώλησης της θερμότητας

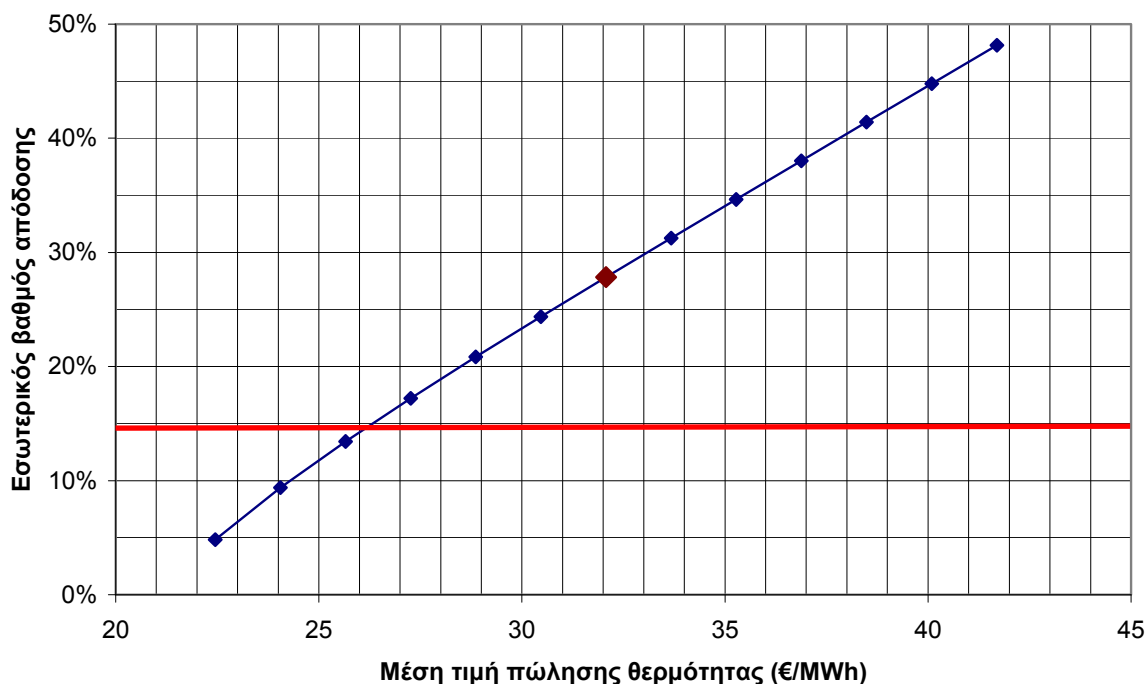
Το βασικό Σενάριο II αντιστοιχεί σε μέση τιμή πώλησης της θερμότητας **32,07 €/MWh**. Αν η τιμή πώλησης της θερμότητας μειωθεί κατά 10%, το IRR ελαττώνεται κατά 7,0 ποσοστιαίες μονάδες σε 20,8%. Αντίστοιχα, αν η τιμή πώλησης της



θερμότητας αυξηθεί κατά 10%, το IRR αυξάνεται κατά 6,8 ποσοστιαίες μονάδες σε 34,6%. Στο Διάγραμμα 5.4 φαίνεται η μεταβολή του IRR με την μέση τιμή πώλησης της θερμότητας, για διακυμάνσεις της τιμής αυτής από -30% έως +30% της τιμής βάσης. Η ευαισθησία του IRR στην τιμή πώλησης της θερμότητας στο Σενάριο II είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από ότι στο Σενάριο I, για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε παραπάνω.

Οριακή οικονομικότητα (IRR=15%) επιτυγχάνεται για τιμή πώλησης της θερμότητας 26,30 €/MWh, που είναι κατά 18% περίπου μικρότερη της τιμής βάσης.

### Διάγραμμα 5.4 Ευαισθησία του IRR στην τιμή πώλησης της θερμότητας – Σενάριο II



#### 5.2.3. Ευαισθησία στο επενδυτικό κόστος

Στο βασικό Σενάριο II το συνολικό κόστος της επένδυσης (μονάδας συμπαραγωγής) που καταβάλλεται (ίδια κεφάλαια + δάνεια) έχει εκτιμηθεί σε 1.736.000 €. Αν το επενδυτικό κόστος είναι υψηλότερο κατά 20% (καταβαλλόμενη επένδυση 2.083.200 €) το IRR είναι μικρότερο κατά 4,8 ποσοστιαίες μονάδες (23,0%). Ακόμη και αν το επενδυτικό κόστος είναι κατά 50% υψηλότερο (2.604.000 €) η επένδυση παραμένει κερδοφόρα (IRR=18,0%). Συνεπώς, η οικονομικότητα του έργου δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε αυξήσεις του επενδυτικού κόστους. Αντίθετα, το IRR είναι περισσότερο ευαίσθητο σε μειώσεις του επενδυτικού κόστους. Αν το συνολικό επενδυτικό κόστος είναι χαμηλότερο κατά 20% (καταβαλλόμενη επένδυση 1.388.800 €) το IRR είναι μεγαλύτερο κατά 7,2 ποσοστιαίες μονάδες (35,0%).

#### 5.2.4. Ευαισθησία στο λειτουργικό κόστος πλην καυσίμου

Στο βασικό Σενάριο II το ετήσιο λειτουργικό κόστος της επένδυσης πλην καυσίμου έχει εκτιμηθεί σε 140.400 €. Αν το λειτουργικό κόστος είναι αυξημένο κατά 30% (182.520 €) το IRR είναι μειωμένο κατά 2,5 ποσοστιαίες μονάδες (25,3%), ενώ αν το λειτουργικό κόστος είναι μειωμένο κατά 30% (98.280 €) το IRR είναι αντίστοιχα αυξημένο κατά 2,5 ποσοστιαίες μονάδες (30,3%). Ακόμη και αν το λειτουργικό κόστος είναι κατά 50% υψηλότερο (210.600 €) το IRR είναι μειωμένο κατά μόλις 4,2 ποσοστιαίες μονάδες (23,6%). Συνεπώς, το IRR δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στο λειτουργικό κόστος πλην καυσίμου.

## 6. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1. Συνοπτική περιγραφή των μονάδων

Εκτιμήθηκε το δυναμικό βιομάζας που υπάρχει στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου. Υπολογίζοντας μόνο τη βιομάζα από γεωργικές δραστηριότητες και από υπολείμματα εκκοκκιστηρίων, το δυναμικό αυτό ανέρχεται σε 220.000 τόνους (ή 1100 GWh ενέργειας) για το Νομό Ροδόπης και σε 585.000 τόνους (ή 2950 GWh ενέργειας) για το Νομό Έβρου. Το συνολικό δυναμικό βιομάζας κάθε Νομού είναι υψηλότερο, καθώς δεν έχει συνυπολογιστεί το υψηλό δυναμικό από υπολείμματα υλοτομιών καθώς και το δυναμικό από άλλες βιομηχανικές μονάδες πλην των εκκοκκιστηρίων.

Στη συνέχεια μελετήθηκε η οικονομικότητα δύο μονάδων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας με βιομάζα, στους Νομούς Έβρου και Ροδόπης (Σενάριο I και Σενάριο II αντίστοιχα).

Και οι δύο μονάδες καίνε βιομάζα σε λέβητα διαθερμικού ελαίου. Κατά τη λειτουργία των μονάδων τους χειμερινούς μήνες, το θερμό λάδι στην έξοδο του λέβητα χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή, με την τεχνολογία του κύκλου Rankine, ενώ παράγεται και θερμότητα με τη μορφή θερμού νερού. Συνολικά παράγονται 1.100 kW ηλεκτρικής ενέργειας, που πωλούνται στον ΔΕΣΜΗΕ και περίπου 5.500 kW θερμικής ενέργειας.

Στο Σενάριο II ολόκληρη η θερμική ενέργεια πωλείται σε θερμοκήπιο 100 στρεμμάτων από υαλοπίνακα, του οποίου καλύπτει το 62% των αναγκών θέρμανσης. Στο Σενάριο I το 10% περίπου της παραγόμενης θερμότητας διοχετεύεται σε σύστημα τηλεθέρμανσης, που καλύπτει τις εργατικές πολυκατοικίες Τυχερού. Η υπόλοιπη θερμική ενέργεια τροφοδοτεί το θερμοκήπιο, του οποίου καλύπτει το 56% των αναγκών θέρμανσης.

Τους θερινούς μήνες και οι δύο μονάδες λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο. Δεν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Το λάδι από την έξοδο του λέβητα διοχετεύεται σε εναλλάκτη λαδιού-αέρα, όπου θερμαίνει αέρα στους 250°C περίπου. Ο θερμός αέρας διοχετεύεται σε εγκατάσταση ξήρανσης μηδικής, η οποία ξηραίνεται από 75% σε 10% υγρασία περίπου.

Το επενδυτικό κόστος της μονάδας συμπαραγωγής με βιομάζα ανέρχεται σε περίπου 3.000.000 €, θεωρούμε δε ότι η επένδυση επιχορηγείται από τον Αναπτυξιακό Νόμο 3299/2004 με ποσοστό 55%, που ισχύει στη Θράκη. Στο Σενάριο I η επένδυση της τηλεθέρμανσης (κόστους περίπου 400.000 €) πραγματοποιείται από τον ίδιο φορέα με αυτή της συμπαραγωγής, επιχορηγείται δε κατά 50%.

Η πώληση της θερμότητας σε όλους τους καταναλωτές (θερμοκήπιο, ξηραντήριο μηδικής και, στο Σενάριο I, σύστημα τηλεθέρμανσης) γίνεται με κατάλληλη έκπτωση έναντι της τρέχουσας τιμής του αντίστοιχου εναλλακτικού καυσίμου (μαζούτ στις δύο πρώτες περιπτώσεις, πετρελαίου θέρμανσης στην περίπτωση της τηλεθέρμανσης), ώστε να καθίσταται ελκυστική η αγορά της και συνεπώς να εξασφαλίζεται η διάθεσή της.

Θεωρούμε ότι η μονάδα του Σεναρίου I εγκαθίσταται στο Δήμο Τυχερού, ενώ η μονάδα του Σεναρίου II πλησίον της Κομοτηνής. Η κάθε μονάδα τροφοδοτείται με βιομάζα που προέρχεται από γεωργικές δραστηριότητες της περιοχής. Συγκεκριμένα το χειμώνα χρησιμοποιούνται βαμβάκι και κλαδιά δένδρων, το καλοκαίρι άχυρο σιτηρών και το φθινόπωρο στελέχη καλαμποκιού και ενδεχομένως και ηλιανθος. Επιπλέον ποσότητες βαμβακιού και καλαμποκιού, καθώς και υπολείμματα υλοτομιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν το χειμώνα, ώστε να ενισχύσουν την ασφάλεια του εφοδιασμού της μονάδας με βιομάζα και να μειώσουν τις ανάγκες αποθήκευσης που έχουν εκτιμηθεί σε 20 ημέρες (1000 τόνους βιομάζας). Το μέσο κόστος κτήσης της βιομάζας (στη μονάδα) έχει εκτιμηθεί σε περίπου **6 λεπτά ανά κιλό**. Στην εκτίμηση αυτή έχει ληφθεί υπόψη η οικονομία που εξασφαλίζεται από τη μεγάλη κλίμακα των γεωργικών εργασιών, και κυρίως της συγκομιδής και της μεταφοράς της βιομάζας.

Η κάθε μονάδα για την τροφοδοσία της απαιτεί περίπου 13.000 τόνους βιομάζας ετησίως. Η βιομάζα αυτή μπορεί να γίνει διαθέσιμη, δεδομένου ότι αποτελεί το 10% περίπου του συνολικού δυναμικού βιομάζας που βρίσκεται σε λογικά μικρή απόσταση από την έδρα κάθε μονάδας. Η συνολική έκταση από την οποία θα προέλθει η βιομάζα είναι περίπου 50.000 στρέμματα για κάθε μονάδα. Σε αυτά πρέπει να προστεθούν και 5.500 στρέμματα που απαιτούνται για την καλλιέργεια της μηδικής που τροφοδοτείται στο ξηραντήριο. Η συνολική απαιτούμενη έκταση είναι περίπου το 1/6 της έκτασης που βρίσκεται σε ακτίνα 10 km γύρω από την κάθε μονάδα, και συνεπώς μπορεί να εξασφαλισθεί με κατάλληλη οργάνωση.

### 6.2. Οικονομικότητα των επενδύσεων

Με τις παραδοχές που έγιναν, το ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης (απλό IRR επένδυσης σε σταθερές τιμές, με παραδοχή 20 ετών ζωής και χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η χρηματοδότηση) είναι και στα δύο σενάρια περίπου 28%. Αυτό σημαίνει ότι και οι δύο μονάδες αναμένεται να είναι ιδιαίτερα κερδοφόρες. Εξ άλλου, το διαφορικό IRR του συστήματος τηλεθέρμανσης είναι περίπου 27%, γεγονός που σημαίνει ότι η επένδυση στο σύστημα αυτό (εργατικές πολυκατοικίες Τυχερού) είναι επίσης πολύ κερδοφόρα.

Το IRR της επένδυσης παρουσιάζει πολύ μεγάλη ευαισθησία στο κόστος της βιομάζας. Αύξηση ή μείωση του κόστους της βιομάζας κατά 10% επιφέρει αντίστοιχα μείωση ή αύξηση του IRR κατά περίπου 4,5 ποσοστιαίες μονάδες. **Η επένδυση παραμένει κερδοφόρα (IRR > 15%) εφ' όσον το μέσο κόστος της βιομάζας παραμένει κάτω από 7,5-8 λεπτά το κιλό.**

Το IRR της επένδυσης παρουσιάζει επίσης μεγάλη ευαισθησία στην τιμή πώλησης της θερμότητας που παράγεται και συνεπώς στις τιμές του πετρελαίου, από τις οποίες εξαρτάται η τιμή όλων των εναλλακτικών καυσίμων. Η βασική ανάλυση έγινε με βάση τις τρέχουσες τιμές των καυσίμων, οπότε και με τις εκπτώσεις που δίνονται (20% στην τηλεθέρμανση και στο θερμοκήπιο, 10% στο ξηραντήριο μηδικής) προκύπτει μια μέση τιμή πώλησης 34 €/MWh (Σενάριο I) ή 32 €/MWh (Σενάριο II). Αύξηση ή μείωση της μέσης τιμής πώλησης κατά 10% συνεπάγεται αντίστοιχη αύξηση ή μείωση του IRR κατά 6-7 ποσοστιαίες μονάδες. Πρακτικά, για μέση τιμή της βιομάζας 6 λεπτά το κιλό, **η επένδυση παραμένει κερδοφόρα (IRR > 15%) εφ' όσον η μέση τιμή πώλησης της θερμότητας παραμένει πάνω από 26-27 €/MWh.**

Το IRR παρουσιάζει σχετικά μικρή ευαισθησία σε λογικά αναμενόμενες μεταβολές του επενδυτικού κόστους είναι σχετικά μικρή, ενώ δεν είναι ευαίσθητο στο λειτουργικό κόστος πλην καυσίμου.

Στο Σενάριο II (χωρίς τηλεθέρμανση) η ευαισθησία σε όλες τις παραμέτρους είναι ελαφρώς υψηλότερη από ότι στο Σενάριο I.

### 6.3. Κρίσιμοι παράγοντες

Δύο είναι οι παράγοντες και οι κρίσιμες παράμετροι που επηρεάζουν ουσιαστικά την οικονομικότητα του εγχειρήματος και άρα την επιτυχία του:

- Η εξασφάλιση της απαραίτητης τροφοδοσίας σε βιομάζα και το κόστος της και
- Η εξασφάλιση της διάθεσης της παραγόμενης θερμότητας και η τιμή της.

Για να μειωθεί το επενδυτικό ρίσκο είναι απαραίτητο όχι μόνο να μελετηθούν λεπτομερέστερα οι περιοχές τιμών των δύο αυτών παραμέτρων αλλά και να διασφαλιστούν οι επιθυμητές τιμές με μακροπρόθεσμες επιχειρηματικές συμφωνίες.

Σε ό,τι αφορά το κόστος της βιομάζας, μια τέτοια συμφωνία είναι δυνατή, αλλά η εμπειρία διδάσκει ότι η τήρησή της από τους αγρότες είναι επισφαλής. Μια λύση που μπορεί να μειώσει ουσιαστικά το ρίσκο είναι η ενοικίαση (ή και η αγορά) των απαιτούμενων εκτάσεων και η διαχείριση της καλλιέργειάς τους από τον επενδυτή. Η λύση αυτή διασφαλίζει την απαιτούμενη βιομάζα (τόσο σε ποσότητα όσο και κατ' είδος), καθώς ο επενδυτής έχει τη δυνατότητα να καθορίσει τις καλλιέργειες, εισάγοντας ακόμη και ενεργειακά φυτά (π.χ. μίσχανθο) αν αυτό αποδειχθεί συμφέρον. Συνεπάγεται όμως υψηλό λειτουργικό (διαχειριστικό) κόστος, καθώς εισάγει τον επενδυτή και στη γεωργική δραστηριότητα. Το κόστος αυτό πρέπει να συμπεριληφθεί στο τελικό κόστος της βιομάζας στον επενδυτή, που υπολογίζεται. Μια λύση μέσου ρίσκου – και ενδιάμεσου κόστους – είναι να νοικιάσει ο επενδυτής μέρος των χωραφιών ώστε να εξασφαλίσει τη βιομάζα για μια ελάχιστη λειτουργία της μονάδας, προμηθευόμενος την υπόλοιπη βιομάζα μέσω μακροχρόνιων συμφωνιών με τους αγρότες.

Σε ό,τι αφορά την πώληση της θερμότητας, αυτή είναι δυνατόν να διασφαλιστεί διαχρονικά με μακροχρόνιες συμφωνίες, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν στην περιοχή καταναλωτές θερμότητας σε όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους. Η τιμή όμως πώλησης της θερμότητας δεν μπορεί να διασφαλιστεί, καθώς οι τιμές όλων των εναλλακτικών καυσίμων εξαρτώνται από τις τιμές του πετρελαίου, τις οποίες ο επενδυτής δεν ελέγχει. Η μοναδική λύση για μείωση του κόστους είναι η «ασφάλιση» του επενδυτή έναντι της μείωσης των τιμών του πετρελαίου μέσω hedging ή άλλων κατάλληλων επενδυτικών προϊόντων.

Επισημαίνεται ότι οι επιλογές των συγκεκριμένων θέσεων για την εγκατάσταση των μονάδων (Τυχερό και Κομοτηνή) αποτελούν παραδείγματα, που οδηγήθηκαν, στην μεν περίπτωση του Τυχερού από την ύπαρξη της δυνατότητας μιας σχετικά απλής εφαρμογής τηλεθέρμανσης, στη δε περίπτωση της Κομοτηνής από την ύπαρξη σημαντικού δυναμικού βιομάζας στην περιοχή. Οι επενδύσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν σε οποιαδήποτε άλλη θέση, με δύο προϋποθέσεις:

- Υπάρχει η απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε μικρή σχετικά απόσταση από τη μονάδα
- Υπάρχουν καταναλωτές θερμότητας που αποτελούν εν δυνάμει πελάτες της μονάδας, επίσης σε μικρή απόσταση από τη μονάδα.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:****ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΝΟΜΩΝ ΡΟΔΟΠΗΣ ΚΑΙ ΕΒΡΟΥ****Καλλιέργειες Ροδόπης ανά Δήμο (στρέμματα)**

Έκταση (στρέμματα)	σιτάρι μαλακό	σιτάρι σκληρό	καπνός ανατολ.	καπνός βιρτζ,μπερλ.	βαμβάκι ποιστ.	βαμβάκι ξηρικό	ηλιανθος	ζαχαρό-τευτλα	καλαμπόκι αμιγές	δενδρώδεις	άμπελοι	Σύνολο
Δ. Κομοτηνής	15.662	46.668	10.804	563	38.438	4.979	301	1.267	1.785	582	163	121.212
Δ. Μαρώνειας	6.365	56.394	1.311	268	57.376	6.542	942	4.601	1.512	4.046	651	140.008
Δ. Σαππών	11.320	62.370	9.220	270	17.290	2.920	2.150	2.120	2.150	1.006	0	110.816
Δ. Σιδηροχωρίου	940	19.100	0	0	60.224	6.150	240	510	1.440	51	3	88.658
Δ. Σώστου	5.700	2.200	9.391	71	4.450	200	280	70	5.100	4.110	68	31.640
Δ. Αρριανών	6.750	6.588	14.280	100	1.000	950	180	100	1.260	967	250	32.425
Δ. Αιγείρου	8.475	21.965	0	0	66.649	16.678	1.753	426	2.858	576	108	119.488
Δ. Ιάσμου	1.400	5.250	2.200	630	41.054	3.553	3.200	5.550	3.150	687	61	66.735
Δ. Φιλλύρας	10.651	13.746	16.583	55	5.505	757	590	1.365	1.138	682	93	51.165
Κοιν. Οργάνης	3.200	1.700	3.300	0	0	0	0	0	400	0	0	8.600
Δ. Κέχρου	2.200	80	730	0	0	0	0	0	0	0	0	3.010
Δ. Αμαζάδων	800	660	1.800	0	1.700	260	10	300	490	0	11	6.031
<b>Σύνολο</b>	<b>73.463</b>	<b>236.721</b>	<b>69.619</b>	<b>1.957</b>	<b>293.686</b>	<b>42.989</b>	<b>9.646</b>	<b>16.309</b>	<b>21.283</b>	<b>12.707</b>	<b>1.408</b>	<b>779.788</b>

Παραγωγή (kg ξηράς ουσίας /στρέμμα)	217,5	217,5	50	144	314	314	332	340	1000	480	513
-------------------------------------	-------	-------	----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

**Δυναμικό Βιομάζας ανά Δήμο (τόνοι)**

Δυναμικό βιομάζας (tn)	σιτάρι μαλακό	σιτάρι σκληρό	καπνός ανατολ.	καπνός βιρτζ,μπερλ.	βαμβάκι ποιστ.	βαμβάκι ξηρικό	ηλιανθος	ζαχαρό-τευτλα	καλαμπόκι αμιγές	δενδρώδεις	άμπελοι	Σύνολο
Δ. Κομοτηνής	3.406	10.150	540	81	12.070	1.563	100	431	1.785	279	84	30.490
Δ. Μαρώνειας	1.384	12.266	66	39	18.016	2.054	313	1.564	1.512	1.942	334	39.490
Δ. Σαππών	2.462	13.565	461	39	5.429	917	714	721	2.150	483	0	26.941
Δ. Σιδηροχωρίου	204	4.154	0	0	18.910	1.931	80	173	1.440	24	2	26.919
Δ. Σώστου	1.240	479	470	10	1.397	63	93	24	5.100	1.973	35	10.883
Δ. Αρριανών	1.468	1.433	714	14	314	298	60	34	1.260	464	128	6.188
Δ. Αιγείρου	1.843	4.777	0	0	20.928	5.237	582	145	2.858	276	55	36.702
Δ. Ιάσμου	305	1.142	110	91	12.891	1.116	1.062	1.887	3.150	330	31	22.114
Δ. Φιλλύρας	2.317	2.990	829	8	1.729	238	196	464	1.138	327	48	10.283
Κοιν. Οργάνης	696	370	165	0	0	0	0	0	400	0	0	1.631
Δ. Κέχρου	479	17	37	0	0	0	0	0	0	0	0	532
Δ. Αμαζάδων	174	144	90	0	534	82	3	102	490	0	6	1.624
<b>Σύνολο</b>	<b>15.978</b>	<b>51.487</b>	<b>3.481</b>	<b>282</b>	<b>92.217</b>	<b>13.499</b>	<b>3.202</b>	<b>5.545</b>	<b>21.283</b>	<b>6.099</b>	<b>722</b>	<b>213.796</b>

Θερμογόνος Δύναμης (MJ/kg ξηράς ουσίας)	19,1	19,1	17,2	18,2	18	18	17,3	17,1	18	18,4	18,7
---	------	------	------	------	----	----	------	------	----	------	------

Παραγόμενη ενέργεια (GJ)	σιτάρι μαλακό	σιτάρι σκληρό	καπνός ανατολ.	καπνός βιρτζ,μπερλ.	βαμβάκι ποιστ.	βαμβάκι ξηρικό	ηλιανθος	ζαχαρό-τευτλα	καλαμπόκι αμιγές	δενδρώδεις	άμπελοι	Σύνολο (GJ)	Σύνολο (GWh)
Δ. Κομοτηνής	65.064	193.871	9.291	1.476	217.252	28.141	1.729	7.366	32.130	5.140	1.564	563.023	156
Δ. Μαρώνειας	26.442	234.275	1.127	702	324.289	36.975	5.410	26.750	27.216	35.734	6.245	725.167	201
Δ. Σαππών	47.026	259.101	7.929	708	97.723	16.504	12.349	12.326	38.700	8.885	0	501.250	139
Δ. Σιδηροχωρίου	3.905	79.346	0	0	340.386	34.760	1.378	2.965	25.920	450	29	489.140	136
Δ. Σώστου	23.679	9.139	8.076	186	25.151	1.130	1.608	407	91.800	36.300	652	198.130	55
Δ. Αρριανών	28.041	27.368	12.281	262	5.652	5.369	1.034	581	22.680	8.541	2.398	114.208	32
Δ. Αιγείρου	35.207	91.248	0	0	376.700	94.264	10.069	2.477	51.444	5.087	1.036	667.532	185
Δ. Ιάσμου	5.816	21.810	1.892	1.651	232.037	20.082	18.380	32.268	56.700	6.068	585	397.288	110
Δ. Φιλλύρας	44.247	57.104	14.261	144	31.114	4.279	3.389	7.936	20.484	6.023	892	189.874	53
Κοιν. Οργάνης	13.294	7.062	2.838	0	0	0	0	0	7.200	0	0	30.394	8
Δ. Κέχρου	9.139	332	628	0	0	0	0	0	0	0	0	10.099	3
Δ. Αμαζάδων	3.323	2.742	1.548	0	9.608	1.470	57	1.744	8.820	0	106	29.418	8
<b>Σύνολο</b>	<b>305.184</b>	<b>983.398</b>	<b>59.872</b>	<b>5.129</b>	<b>1.659.913</b>	<b>242.974</b>	<b>55.403</b>	<b>94.821</b>	<b>383.094</b>	<b>112.228</b>	<b>13.507</b>	<b>3.915.523</b>	<b>1.088</b>

## Καλλιέργειες Έβρου ανά Δήμο (στρέμματα)

Έκταση (στρέμματα)	σιτάρι μαλακό	σιτάρι σκληρό	Κριθάρι	λοιπά σιτηρά	καπνός ανατολ.	βαμβάκι ποτιστ.	ηλιάνθος	ζαχαρό-τευτλα	καλαμπό-κι αμιγές	καλαμπό-κι συγκαλ.	Δενδρώδεις	Άμπελοι	Σύνολο
Δ. Αλεξανδρουπόλεως	7.521	37.424	1.595	399	312	16.860	21.539	5.621	19.196	2	4.691	312	115.472
Δ. Βύσσας	7.638	38.005	1.620	405	317	17.122	21.874	5.708	19.494	2	4.764	317	117.266
Δ. Διδυμοτείχου	13.242	65.886	2.808	702	550	29.682	37.921	9.896	33.796	3	8.258	549	203.293
Δ. Κυπρίνου	4.457	22.178	945	236	185	9.991	12.764	3.331	11.376	1	2.780	185	68.430
Δ. Μεταξάδων	7.396	36.801	1.569	392	307	16.579	21.181	5.527	18.876	2	4.613	307	113.549
Δ. Ορεσιτιάδος	12.051	59.961	2.556	639	500	27.013	34.510	9.006	30.756	3	7.516	500	185.009
Δ. Ορφέα	4.998	24.866	1.060	265	207	11.203	14.312	3.735	12.755	1	3.117	207	76.726
Δ. Σαμοθράκης	4.532	22.550	961	240	188	10.159	12.978	3.387	11.567	1	2.826	188	69.577
Δ. Σουφλίου	4.639	23.084	984	246	193	10.399	13.286	3.467	11.841	1	2.893	192	71.226
Δ. Τραϊανούπολης	2.689	13.379	570	143	112	6.027	7.700	2.010	6.863	1	1.677	112	41.281
Δ. Τριγώνου	12.549	62.439	2.661	665	521	28.129	35.937	9.378	32.027	3	7.826	520	192.657
Δ. Τυχερού	4.274	21.267	906	227	177	9.581	12.240	3.194	10.908	1	2.666	177	65.618
Δ. Φερών	9.072	45.140	1.924	481	377	20.336	25.980	6.780	23.154	2	5.658	376	139.280
<b>Σύνολο</b>	<b>95.057</b>	<b>472.980</b>	<b>20.160</b>	<b>5.041</b>	<b>3.945</b>	<b>213.081</b>	<b>272.223</b>	<b>71.041</b>	<b>242.609</b>	<b>21</b>	<b>59.284</b>	<b>3.942</b>	<b>1.459.384</b>

<b>Παραγωγή (kg ξηράς ουσίας /στρέμμα)</b>	<b>217,5</b>	<b>217,5</b>	<b>200</b>	<b>200</b>	<b>50</b>	<b>314</b>	<b>332</b>	<b>340</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>480</b>	<b>513</b>
--	--------------	--------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------	-------------	-------------	------------	------------

## Δυναμικό Βιομάζας ανά Δήμο (τόνοι)

Δυναμικό βιομάζας (tn)	σιτάρι μαλακό	σιτάρι σκληρό	Κριθάρι	λοιπά σιτηρά	καπνός ανατολ.	βαμβάκι ποτιστ.	ηλιάνθος	ζαχαρό-τευτλα	καλαμπό-κι αμιγές	καλαμπό-κι συγκαλ.	Δενδρώδεις	Άμπελοι	Σύνολο
Δ. Αλεξανδρουπόλεως	1.636	8.140	319	80	16	5.294	7.151	1.911	19.196	2	2.252	160	46.156
Δ. Βύσσας	1.661	8.266	324	81	16	5.376	7.262	1.941	19.494	2	2.287	163	46.873
Δ. Διδυμοτείχου	2.880	14.330	562	140	27	9.320	12.590	3.365	33.796	3	3.964	282	81.259
Δ. Κυπρίνου	969	4.824	189	47	9	3.137	4.238	1.133	11.376	1	1.334	95	27.352
Δ. Μεταξάδων	1.609	8.004	314	78	15	5.206	7.032	1.879	18.876	2	2.214	157	45.387
Δ. Ορεσιτιάδος	2.621	13.041	511	128	25	8.482	11.457	3.062	30.756	3	3.607	256	73.950
Δ. Ορφέα	1.087	5.408	212	53	10	3.518	4.752	1.270	12.755	1	1.496	106	30.668
Δ. Σαμοθράκης	986	4.905	192	48	9	3.190	4.309	1.152	11.567	1	1.357	96	27.811
Δ. Σουφλίου	1.009	5.021	197	49	10	3.265	4.411	1.179	11.841	1	1.389	99	28.470
Δ. Τραϊανούπολης	585	2.910	114	29	6	1.893	2.557	683	6.863	1	805	57	16.501
Δ. Τριγώνου	2.729	13.581	532	133	26	8.833	11.931	3.189	32.027	3	3.757	267	77.007
Δ. Τυχερού	930	4.625	181	45	9	3.008	4.064	1.086	10.908	1	1.279	91	26.229
Δ. Φερών	1.973	9.818	385	96	19	6.385	8.625	2.305	23.154	2	2.716	193	55.672
<b>Σύνολο</b>	<b>20.675</b>	<b>102.873</b>	<b>4.032</b>	<b>1.008</b>	<b>197</b>	<b>66.907</b>	<b>90.378</b>	<b>24.154</b>	<b>242.609</b>	<b>21</b>	<b>28.456</b>	<b>2.022</b>	<b>583.334</b>

<b>Θερμογόνος Δύναμις (MJ/kg ξηράς ουσίας)</b>	<b>19,1</b>	<b>19,1</b>	<b>19,1</b>	<b>19,1</b>	<b>17,2</b>	<b>18</b>	<b>17,3</b>	<b>17,1</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18,4</b>	<b>18,7</b>
--	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-----------	-------------	-------------	-----------	-----------	-------------	-------------

Δυναμικό βιομάζας (tn)	σιτάρι μαλακό	σιτάρι σκληρό	Κριθάρι	λοιπά σιτηρά	καπνός ανατολ.	βαμβάκι ποτιστ.	ηλιάνθος	ζαχαρό-τευτλα	καλαμπό-κι αμιγές	καλαμπό-κι συγκαλ.	Δενδρώδεις	Άμπελοι	Σύνολο (GJ)	Σύνολο (GWh)
Δ. Αλεξανδρουπόλεως	31.245	155.468	6.093	1.524	268	95.291	123.713	32.681	345.530	30	41.429	2.992	836.266	232
Δ. Βύσσας	31.731	157.884	6.188	1.547	273	96.772	125.635	33.189	350.900	31	42.073	3.039	849.261	236
Δ. Διδυμοτείχου	55.009	273.708	10.727	2.683	473	167.764	217.802	57.536	608.320	53	72.937	5.268	1.472.279	409
Δ. Κυπρίνου	18.516	92.132	3.611	903	159	56.470	73.313	19.367	204.764	18	24.551	1.773	495.579	138
Δ. Μεταξάδων	30.725	152.879	5.992	1.498	264	93.704	121.653	32.136	339.776	30	40.739	2.942	822.339	228
Δ. Ορεσιτιάδος	50.061	249.091	9.763	2.441	430	152.676	198.213	52.361	553.608	48	66.377	4.794	1.339.864	372
Δ. Ορφέα	20.761	103.301	4.049	1.012	178	63.317	82.201	21.715	229.588	20	27.528	1.988	555.659	154
Δ. Σαμοθράκης	18.827	93.677	3.671	918	162	57.417	74.543	19.692	208.198	18	24.963	1.803	503.889	140
Δ. Σουφλίου	19.273	95.896	3.758	940	166	58.778	76.309	20.158	213.131	19	25.554	1.846	515.827	143
Δ. Τραϊανούπολης	11.170	55.580	2.178	545	96	34.067	44.228	11.683	123.527	11	14.811	1.070	298.966	83
Δ. Τριγώνου	52.131	259.389	10.166	2.542	448	158.987	206.407	54.526	576.494	50	69.121	4.992	1.395.253	388
Δ. Τυχερού	17.756	88.347	3.463	866	153	54.151	70.302	18.571	196.352	17	23.543	1.700	475.219	132
Δ. Φερών	37.688	187.523	7.350	1.838	324	114.939	149.221	39.419	416.773	36	49.971	3.609	1.008.689	280
<b>Σύνολο</b>	<b>394.891</b>	<b>1.964.877</b>	<b>77.010</b>	<b>19.257</b>	<b>3.393</b>	<b>1.204.333</b>	<b>1.563.539</b>	<b>413.033</b>	<b>4.366.961</b>	<b>381</b>	<b>523.597</b>	<b>37.818</b>	<b>10.569.089</b>	<b>2.936</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ιδιότητες βιομάζας (ανώτερη και κατώτερη θερμογόνο δύναμη, πτητικά, στοιχειακή ανάλυση)

	HHV	LHV	VCM	τέφρα	FC	C	H	O	N	S	Cl	Υπόλοιπο
	(MJ/kg)	(MJ/kg)	( % κατά βάρος επί ξηράς ουσίας)									
Άχυρο κριθής	17,31	16,24	68,80	10,30	20,90	39,92	5,27	43,81	1,25			9,75
Κοτσάνια Καλαμποκιού	18,77	17,58	80,10	1,36	18,54	46,58	5,87	45,46	0,47	0,01	0,21	1,40
Στελέχη καλαμποκιού	17,65	16,52	75,17	5,58	19,25	43,65	5,56	43,31	0,61	0,01	0,60	6,26
Στελέχη βαμβακιού	15,83	14,79	65,40	17,30	17,30	39,47	5,07	39,14	1,20	0,02		15,10
Άχυρο ηλίανθου	19,23	18,10	77,05	4,64	18,30	41,71	5,54	46,58	0,62	0,11	0,28	11,40
Άχυρο σιτηρών	17,51	16,49	71,30	8,90	19,80	43,20	5,00	39,40	0,61			
Κλαδιά αμυγδαλιάς	20,1	18,93	76,83	1,63	21,54	51,30	5,29	40,90	0,66	0,01	0,04	1,80
Κλαδιά αμπελιού Cabernet Sauvignon	19,03	17,84	78,63	2,17	19,20	46,59	5,85	43,90	0,83	0,04	0,08	2,71
Cardinal	19,21		78,17	2,22	19,61							
Chenin Blanc	19,13	17,94	77,28	2,51	20,21	48,02	5,89	41,93	0,86	0,07	0,10	3,13
Gewurttraminer	19,16		77,27	2,47	20,26							
Merlot	18,84		77,47	3,04	19,49							
Pinot Noir	19,05	17,86	76,83	2,71	20,46	47,14	5,82	43,03	0,86	0,01	0,13	3,01
Ribier	19,12		76,97	3,03	20,00							
Thompson Seedless	19,35	18,18	77,39	2,25	20,36	47,35	5,77	43,32	0,77	0,01	0,07	2,71
Tokay	19,31	18,12	76,53	2,45	21,02	47,77	5,82	42,63	0,75	0,03	0,07	2,93
Zinfandel	19,06		76,99	3,04	19,49							
Ενεργειακές καλλιέργειες												
Ευκάλυπτος	19,42	18,23	81,42	0,76	17,82	49,00	5,87	43,97	0,30	0,01	0,13	0,72
Globulus	19,23	18,03	81,60	1,10	17,30	48,18	5,92	44,18	0,39	0,01	0,20	1,12
Grandis	19,35	18,15	82,55	0,52	19,93	48,33	5,89	45,13	0,15	0,01	0,08	0,41
Casuarina	19,44	18,26	78,94	1,40	19,66	48,61	5,83	43,36	0,59	0,02	0,16	1,43

	HHV	LHV	VCM	τέφρα	FC	C	H	O	N	S	Cl	Υπόλοιπο
	(MJ/kg)	(MJ/kg)	( % κατά βάρος επί ξηράς ουσίας)									
Cattails	17,81	16,31	71,57	7,90	20,53	42,99	5,25	42,47	0,74	0,04	0,38	8,13
Ιτιά	19,38	18,19	82,32	1,33	16,35	48,45	5,85	43,69	0,47	0,01	0,10	1,43
Σόργο	17,39	16,31	72,75	8,65	18,60	44,58	5,35	39,18	1,21	0,08	0,13	9,47
Υπολείμματα υλοτομιών	19,71	18,55	80,94	0,80	18,26	50,73	5,71	41,93	0,57	0,01	0,08	0,97
Chararral	18,61	17,58	75,19	6,13	18,68	46,90	50,8	40,17	0,54	0,03	0,02	7,26
Madrone	19,41	18,20	82,99	0,57	16,44	48,00	5,96	44,95	0,06	0,02	0,01	1,00
Manzanita	19,30	18,09	81,29	0,82	17,89	48,18	5,94	44,68	0,17	0,02	0,01	1,00
Πεύκη	20,02	18,80	82,54	0,29	17,17	49,25	5,99	44,36	0,06	0,03	0,01	0,30
Καρύδια	18,93	17,73	80,93	1,67	17,40	47,81	5,93	44,12	0,12	0,01	0,01	2,00
Φλοιός καρυδιάς	18,40		73,11	3,49	23,40							
Καρυδιά ξύλο	19,07		83,61	1,03	15,36							
Ελάτη	19,95		83,17	0,25	16,58	49,00	5,98	44,75	0,05	0,01	0,01	0,20
Λευκή καρυδιά	19,42		81,28	1,52	17,20	49,48	5,38	43,13	0,35	0,01	0,04	1,61