



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

“ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ-ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΛΛΕΤ”

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΥΦΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΖΑΦΕΙΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΑΧΑΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΜΜ
Βόλος, Ιούνιος, 2013



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 10568/1
Ημερ. Εισ.: 11-02-2014
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜ
2013
ΥΦΑ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

“ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ-ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΛΛΕΤ”

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΥΦΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΖΑΦΕΙΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΑΧΑΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Βόλος, Ιούνιος, 2013

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε παρουσιάζει μία εναλλακτική μορφή ενέργειας, που ανήκει στην οικογένεια της βιομάζας, τα πέλλετ (Wood Pellets). Τα πέλλετ αποτελούν μία φθηνή λύση θέρμανσης, που το συνεχώς αυξανόμενο κόστος του πετρελαίου και του φυσικού αερίου τα καθιστούν ελκυστικά στους καταναλωτές

Το πρώτο κεφάλαιο ξεκινάει με μια εισαγωγή στην έννοια της βιομάζας. Αναφέρονται τα υπέρ, τα κατά και τα πεδία εφαρμογής της, καθώς και τα νομοθετικά πλαίσια της Ελλάδος που σχετίζονται με αυτή. Στη συνέχεια, γίνεται λεπτομερή εξέταση των πέλλετ. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα χαρακτηριστικά και η δομή τους, γίνεται παραπομπή στα ευρωπαϊκά και αμερικάνικα πρότυπα παραγωγής τους και αναφέρονται τα Agro-Pellets, ως εναλλακτική πρώτη ύλη προερχόμενη από ενεργειακές καλλιέργειες. Τέλος αναλύεται η γραμμή παραγωγής μία μονάδας πέλλετ, από την αποθήκευση της πρώτης ύλης μέχρι το τελικό προϊόν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών όλων των μηχανημάτων μια γραμμής παραγωγής πέλλετ. Παρατίθενται και οικονομικά στοιχεία για το σύνολο του εξοπλισμού μίας μονάδας παραγωγής πέλλετ.

Στο τρίτο κεφάλαιο ερευνώνται τα ποσά διαθέσιμης πρώτης ύλης ανά την Ελλάδα, εξαιρώντας τα νησιά της χώρας μας. Παρουσιάζονται όλες οι διαθέσιμες πρώτες ύλες, είτε είναι υπολείμματα ξυλείας είτε ενεργειακές καλλιέργειες, γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων και επιδιώκεται η εύρεση της βέλτιστης θέσης για την εγκατάσταση μιας μονάδας παραγωγής πέλλετ, επιλύοντας το σχετικό πρόβλημα. Τέλος γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων και τίθενται οι προβληματισμοί για την καλύτερη αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος.

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Νικόλαος Ανδρίτσος- Καθηγητης, Πειραματικά Φαινόμενα Μεταφοράς

Δημήτριος Παντελής- Επ. Καθηγητής, Στοχαστικά Πρότυπα Επιχειρησιακής Έρευνας στη Βιομηχανική Διοίκηση

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Γεώργιος Σαχαρίδης- Λέκτορας, Επιχειρησιακή Έρευνα και Βιομηχανική Διοίκηση

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να αναφέρω όλους τους ανθρώπους που με βοήθησαν να πραγματοποιήσω όχι μόνο τη διπλωματική εργασία, αλλά και τις ακαδημαϊκές σπουδές μου. Αρχικά τους γονείς μου Γιώργο και Ελένη και τον αδερφό μου Κωνσταντίνο, γιατί είναι πάντα δίπλα μου σε ότι χρειαστώ. Ευχαριστώ πολύ όλους τους συμφοιτητές μου, και ιδιαίτερα τους φίλους Δημούτση Ευάγγελο και Κόκκα Ανδρέα, για την πολύτιμη βοήθεια τους. Ευχαριστώ πολύ τον Επιβλέπων καθηγητή μου κύριο Σαχαρίδη Γεώργιο για την βοήθεια και τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε σε μένα και την διπλωματική εργασία μας. Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές της σχολής μου, για ό,τι μου προσέφεραν τα χρόνια που αποτέλεσα μέλος του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ | 13 |
| 1.1 Βιομάζα..... | 13 |
| 1.1.1 Πηγές προέλευσης Βιομάζας..... | 13 |
| 1.1.2 Καύση Βιομάζας | 14 |
| 1.1.3 Υπέρ και κατά από την αξιοποίηση της βιομάζας..... | 15 |
| 1.1.4. Εφαρμογές..... | 16 |
| 1.1.5 Παραγωγή Βιοκαυσίμων | 17 |
| 1.1.6 Νομοθετικές ρυθμίσεις για την βιομάζα και την χρήση της..... | 19 |
| 1.2 Δομή και χαρακτηριστικά των Πέλλετ..... | 20 |
| 1.2.1 Δομή και χαρακτηριστικά των Πέλλετ..... | 21 |
| 1.2.2 Έλεγχος ποιότητας των Πέλλετ..... | 22 |
| 1.3 Άλλες πρώτες ύλες για παραγωγή των Πέλλετ | 24 |
| 1.3.1 Φαλαρίδα (μελισσοκομικό φυτό) | 24 |
| 1.3.2 Μίσχανθος..... | 25 |
| 1.3.3 Αγριαγκινάρα..... | 26 |
| 1.3.4 Ο πυρήνας της Ελιάς (πυρηνόξυλο) | 27 |
| 1.3.5 Άλλα αγροτικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη. | 27 |
| 1.4 Διαδικασία Παραγωγής Wood Pellets | 27 |
| 1.4.1 Ανάλυση Εργασιών της Γραμμής Παραγωγής..... | 28 |
| 1.5 Κόστος Θέρμανσης με διάφορες μορφές ενέργειας | 43 |
| Σύνοψη κεφαλαίου | 47 |
| 2. Οικονομοτεχνική Μελέτη Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων..... | 49 |
| 2.1 Τεμαχισμός Πρώτης Ύλης | 49 |
| 2.2 Ξηραντήριο | 50 |
| 2.3 Σιλό Αποθήκευσης..... | 52 |

| | |
|--|----|
| 2.4 Σφυρόμυλος..... | 53 |
| 2.5 Μηχανή Παραγωγής (Πρέσες) | 54 |
| 2.6 Αφυγραντήρας – Ψύξη | 55 |
| 2.7 Κυκλώνας..... | 56 |
| 2.8 Φίλτρο..... | 56 |
| 2.9 Κόσκινο | 56 |
| 2.10 Συσκευαστήριο | 57 |
| 2.11 Ραουλιέρα διαχωρισμού υλικού | 58 |
| 2.12 Ταινία μεταφοράς μεγάλων τεμαχίων | 58 |
| 2.13 Κεκλιμένη ταινία μεταφοράς | 58 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΛΛΕΤ | 63 |
| 3.1 Παρουσίαση προβλήματος | 63 |
| 3.2 Σύγκριση των πρώτων υλών..... | 63 |
| 3.3 Πρώτες ύλες στην Ηπειρωτική Ελλάδα..... | 64 |
| 3.4 Επίλυση προβλήματος- Σχολιασμός Αποτελεσμάτων | 68 |
| ΚΡΙΣΙΜΑ ΖΗΤΗΜΑ ΠΡΟΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ..... | 79 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... | 81 |
| Βιβλιογραφία..... | 83 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|---|----|
| Πίνακας 1: Ινστιτούτο Βιοκαυσίμων ΗΠΑ, | 23 |
| Πίνακας 2: Ευρωπαϊκά Πρότυπα (CEN),..... | 24 |
| Πίνακας 3: Βαθμός Απόδοσης, Τιμή μονάδος | 43 |
| Πίνακας 4: Ώρες λειτουργίας ανά ημέρα..... | 44 |
| Πίνακας 5: Εξωτερική Θερμοκρασία ανά μήνα | 44 |
| Πίνακας 6: Θερμικό φορτίο ανά μήνα..... | 45 |
| Πίνακας 7: Κατανάλωση καυσίμου..... | 45 |
| Πίνακας 8: Κόστος θέρμανσης..... | 46 |
| Πίνακας 9: Αναλυτικός Πίνακας κινητήριας και θερμικής Ισχύος των μηχανημάτων μονάδας παραγωγής pellets..... | 60 |
| Πίνακας 10: Αναλυτικός προϋπολογισμός ολοκληρωμένης μονάδας παραγωγής pellets | 61 |

| | |
|---|----|
| Πίνακας 11: Θερμογόνος δύναμη πρώτων υλών..... | 64 |
| Πίνακας 12: Πίνακας πρώτων υλών, αναγωγή ως προς ξύλο | 64 |
| Πίνακας 13: Πρώτη Ύλη-Ξυλεία ανά νομό,..... | 65 |
| Πίνακας 14: Πρώτη ύλη-ελαιοκράμβη ανά νομό, πηγή ΚΑΠΕ | 66 |
| Πίνακας 15: Πρώτη ύλη- Πυρηνόξυλο ανά νομό,..... | 66 |
| Πίνακας 16: Πρώτη ύλη- Μίσχανθος ανά νομό, | 66 |
| Πίνακας 17: Πρώτη ύλη-Ηλίανθος ανά νομό,..... | 67 |
| Πίνακας 18: Πρώτη ύλη- Αγριαγκιναρα ανά νομό,..... | 67 |
| Πίνακας 19: Συνολικά ποσά πρώτης ύλη εκφρασμένα σε τόνους ξυλείας | 68 |
| Πίνακας 20: Συντεταγμένες σημείων για κάθε νομό..... | 70 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Φωτοσύνθεση ¹ | 13 |
| Εικόνα 2: Προέλευση Βιομάζας..... | 14 |
| Εικόνα 3: Κύκλος των Βιοκαυσίμων..... | 16 |
| Εικόνα 4: Φαλαρίδα..... | 25 |
| Εικόνα 5: Μίσχανθος..... | 26 |
| Εικόνα 6: Πυρήνας Ελιάς | 27 |
| Εικόνα 7: Χώρος αποθήκευσης πρώτης ύλης..... | 29 |
| Εικόνα 8: Είσοδος και έλεγχος πρώτης ύλης..... | 30 |
| Εικόνα 9: Μηχανή τεμαχισμού πρώτης ύλης (μεγάλων διαστάσεων πχ κορμοί δέντρων) | 31 |
| Εικόνα 10: Μηχανή τεμαχισμού πρώτης ύλης μικρών διαστάσεων | 32 |
| Εικόνα 11: Χώρος εναπόθεσης τεμαχισμένης ύλης | 33 |
| Εικόνα 12: Σφυρόμιλος, Buhler A.G..... | 34 |
| Εικόνα 13: Ξηραντήριο τύπου ζώνης (belt dryer) | 35 |
| Εικόνα 14: Σιλό | 36 |
| Εικόνα 15: Πρέσες παραγωγής πέλλετ | 38 |
| Εικόνα 16: Αφυγραντήρας, Buhler A.G..... | 39 |
| Εικόνα 17: Ζυγηστήριο, ενσάκιση | 40 |
| Εικόνα 18: Τελικό προϊόν..... | 41 |
| Εικόνα 19: Σπαστήρας, Globus S.L.R..... | 49 |
| Εικόνα 20: Ξηραντήρας, (Drum Drier), Globus S.L.R..... | 50 |
| Εικόνα 21: Σιλό (Silo-Container), Andritz Sprout | 53 |
| Εικόνα 22: Πρέσα παραγωγής πέλλετ (Pelleting Machine 30), Andritz | 54 |
| Εικόνα 23: Ψύκτης- Αφυγραντήρας, Andritz..... | 55 |
| Εικόνα 24: EFF, Air Filter, Andritz..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 25: Συσκευαστήριο OMS-IS43 | 57 |
| Εικόνα 26: Σημείο βέλτιστης τοποθεσίας για το σύνολο των πρώτων υλών | 72 |
| Εικόνα 27: Σημείο Βέλτιστης τοποθεσίας- Πρώτη ύλη Υπολείμματα ξυλείας..... | 74 |
| Εικόνα 28: Σημείο βέλτιστης θέσης , Πρώτη ύλη-Πυρηνόξυλο | 76 |
| Εικόνα 29: Σημείο Βέλτιστης θέσης, Πρώτη ύλη-Ενεργειακες καλλιέργειες | 77 |

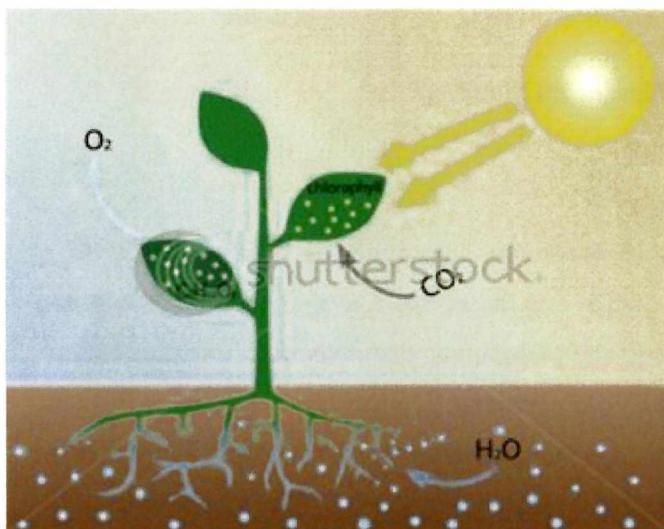
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

| | |
|--|----|
| Γράφημα 1: Τρόποι παραγωγής Βιοκαυσίμων, Biodiesel Production technology handbook . | 18 |
| Γράφημα 3: Αντιδράσεις Μετεστεροποίησης | 18 |
| Γράφημα 4: Παραγωγική Διαδικασία Βιοντίζελ, Biodiesel production technology handbook | 19 |
| Γράφημα 5: Διάγραμμα ροής τυπικής βιομηχανίας πέλλετ..... | 42 |
| Γράφημα 6: Κόστος Θέρμανσης | 46 |

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

1.1 Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, η οποία προέρχεται από οργανικά κατάλοιπα φυτικής, ζωικής και δασικής παραγωγής καθώς και της βιομηχανικής επεξεργασίας των παραπάνω υλικών. Επίσης η βιομάζα προέρχεται και από αστικά λύματα και σκουπίδια βιολογικής προέλευσης. Με την επεξεργασία των παραπάνω πρώτων υλών παράγεται η Βιομάζα. Κατά την καύση της βιομάζας χρησιμοποιούμε την δεσμευμένη από τα φυτά ηλιακή ενέργεια, για να παράγουμε κάθε μορφής ενέργειας. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας για την καύση και την γενικότερη αξιοποίηση της βιομάζας έχει κάνει την συγκεκριμένη αγορά πάρα πολύ ελκυστική. Η προοπτικές της βιοενέργειας καθίστανται συνεχώς μεγαλύτερες και πιο ελπιδοφόρες. Στις οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες η βιομάζα αναμένεται να καλύψει το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών απαιτήσεων τους στα προσεχή χρόνια. Αυτό προκύπτει από την γενικότερη τάση απεξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα λόγω της αυξανόμενης τιμής του πετρελαίου σε συνδυασμό με τη συνεχή μείωση των



Εικόνα 1: Φωτοσύνθεση¹

αποθεμάτων, καθώς και της αυξανόμενης μόλυνσης λόγω της καύσης των εν λόγω καυσίμων. Επιπρόσθετα η Ε.Ε. έχει δημιουργήσει τις βάσεις για την χρήση βιομάζας στο πλαίσιο αειφόρου ανάπτυξης που προωθείται για την ενεργειακή απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα.

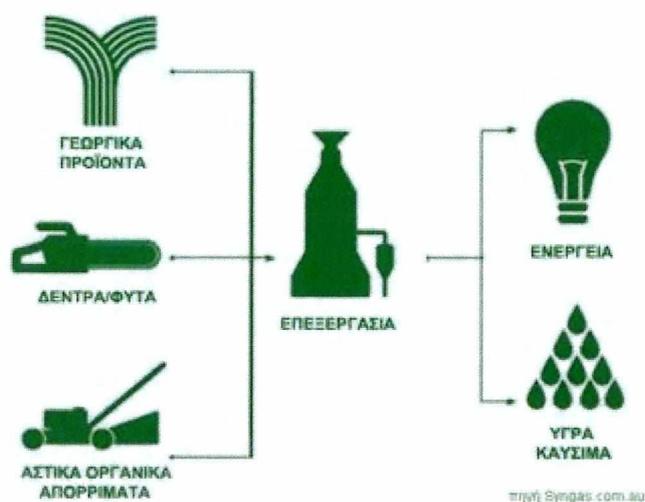
1.1.1 Πηγές προέλευσης Βιομάζας¹

Εξ' ορισμού κάθε οργανικό υλικό που έχει φυτική προέλευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη. Η κοινή πεποίθηση είναι ότι ως πρώτη ύλη λογίζεται ότι προέρχεται από τα φυτά

¹ www.shutterstock.com

και τα δέντρα. Αυτό είναι λάθος καθώς παρακάτω αναφέρονται οι προελεύσεις των βασικών πρώτων υλών.

- Από την υλοτομία και τη βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου,
- Από τις γεωργικές δραστηριότητες,
- Από τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες,
- Από τη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων,
- Απόβλητα σφαγείων.



Εικόνα 2: Προέλευση Βιομάζας²

1.1.2 Καύση Βιομάζας

Το τεράστιο πρόβλημα που προκύπτει από την καύση των συμβατικών καυσίμων είναι η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου του θείου, και ο αναγκαστικός περιορισμός σε επιθυμητά επίπεδα ώστε να αποφύγουμε την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και άλλα φαινόμενα εις βάρος της ατμόσφαιρας. Ήδη με την συνθήκη του Κιότο έχει συμφωνηθεί η μείωση των αέριων ρύπων και η στροφή στην πράσινη ενέργεια. Η βιομάζα θα μπορούσε να αποτελεί μία ιδανική διέξοδο ως προς αυτήν την κατεύθυνση. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας. Επίσης η μηδαμινή ύπαρξη θείου στη βιομάζα μας απαλλάσσει από την δημιουργία διοξειδίου του θείου κατά την καύση. Σε αντίθεση με τα συμβατικά καύσιμα παρατηρούμε ότι η βιομάζα είναι μια πραγματικά

² www.Syngas.com.au

ανακυκλώσιμη μορφή ενέργειας, απόλυτα φιλική προς το περιβάλλον εν' αντιθέσει με τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται κατά κόρον.

1.1.3 Υπέρ και κατά από την αξιοποίηση της βιομάζας

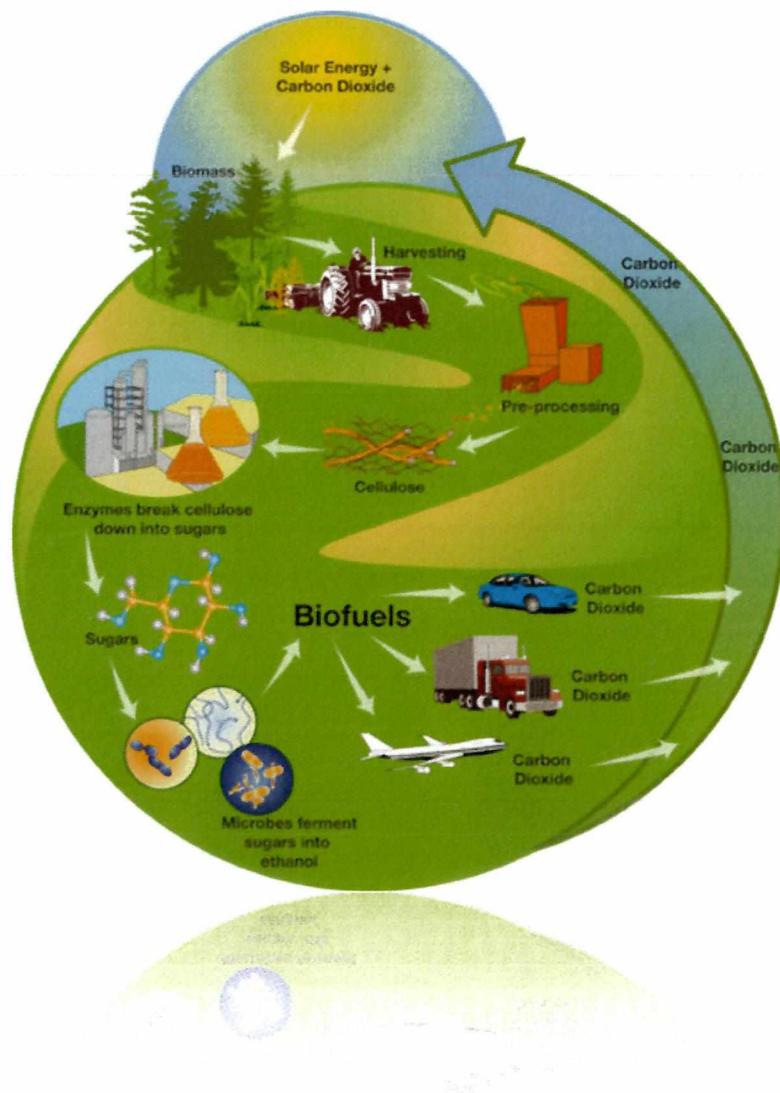
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την χρησιμοποίηση της βιομάζας είναι τα εξής:

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου λόγω του ότι το μεγαλύτερο μέρος του CO₂ από την καύση χρησιμοποιείται ξανά μέσω της φωτοσύνθεσης,
2. Η μη εκπομπή κατά τη καύση των παραγόντων του θείου,
3. Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τις μέχρι τώρα ενεργειακά ισχυρές χώρες,
4. Η αύξηση των θέσεων εργασίας στον πρωτογενή τομέα καθώς και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στην περιφέρεια και τις αγροτικές περιοχές,
5. Βοηθά στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Τα μειονεκτήματα αφορούν ως επί των πλείστων θέματα εκμετάλλευσης :

1. Η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία στον μεγαλύτερο όγκο των πρώτων υλών,
2. Η δυσκολία στην αποθήκευση και την μεταφορά σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα,
3. Οι ακριβές εγκαταστάσεις και το μεγάλο κόστος μεταποίησης των πρώτων υλών,
4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή τους,
5. Αν η βιομάζα υπέρ-χρησιμοποιηθεί μπορεί να προκύψουν περιβαλλοντικά θέματα όπως η αποψίλωση των δασών.

Τα παραπάνω μειονεκτήματα τείνουν να εξαλειφθούν λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας. Η αύξηση των τιμών του πετρελαίου τείνει να κλείσει την ψαλίδα της οικονομικής αποδοτικότητας σε σχέση με το πετρέλαιο και δίνονται πλέον κίνητρα για την παραγωγή βιομάζας ακόμα και σε οικιακό επίπεδο.



Εικόνα 3: Κύκλος των Βιοκαυσίμων³

1.1.4. Εφαρμογές

Η ανάπτυξη και η αξιοποίηση της βιομάζας δεν βρίσκει μόνο θεωρητικό ενδιαφέρον αλλά οι πρακτικές εφαρμογές είναι αυτές που καθιστούν ελκυστική, αν όχι απαραίτητη, την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την χρήση της βιομάζας για τις ενεργειακές μας ανάγκες. Παρακάτω παραθέτονται μερικές χρήσιμες ενεργειακές εφαρμογές χρησιμοποιώντας βιομάζα:

³ <http://solar.calfinder.com/blog/solar-politics/biomass-power-renewable-or-rotten/>

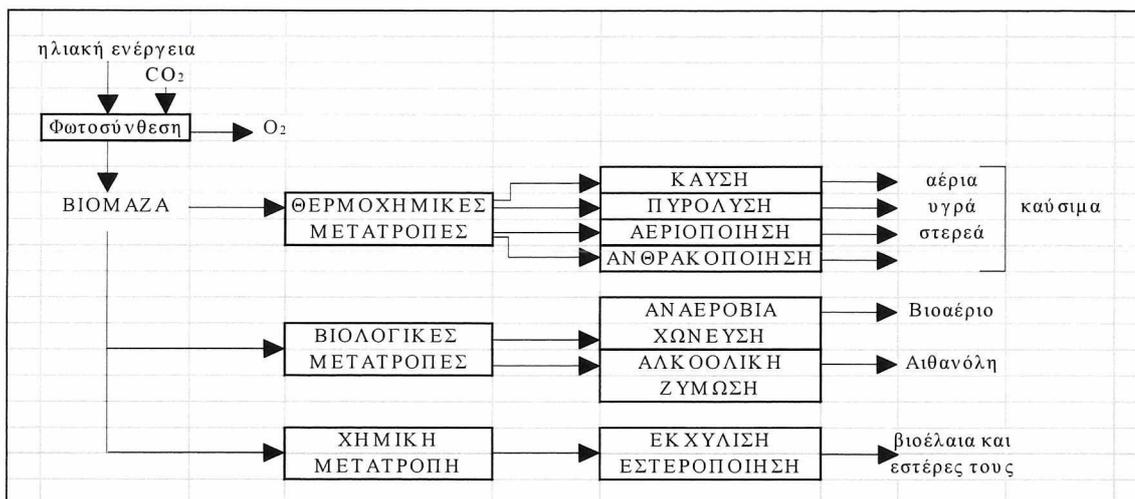
- Κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση και ηλεκτρισμό σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες,
- Τηλεθέρμανση σε κατοικημένες περιοχές,
- Θέρμανση θερμοκηπίων,
- Παραγωγή βιοαερίου με την μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης,
- Η βιομάζα με συγκεκριμένες διεργασίες μπορεί να μετατραπεί σε υγρή μορφή και να δημιουργηθούν τα λεγόμενα **βιοκαύσιμα** τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως στον τομέα των μεταφορών. Το πιο γνωστό παράγωγο είναι το λεγόμενο **βιοντίζελ** το οποίο παράγεται κυρίως από **ελαιούχους** σπόρους και η **βιοαιθανόλη** η οποία παράγεται από **σακχαρούχα**, **κυταρινούχα** και **αμυλούχα** φυτά. Και τα δύο χρησιμοποιούνται είτε αυτούσια είτε σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης.

1.1.5 Παραγωγή Βιοκαυσίμων

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε την διαδικασία παραγωγής των **βιοκαυσίμων**, και κυρίως του **βιοντίζελ**, εξηγώντας τις χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την βιομηχανική παραγωγή τους.

Μέχρι σήμερα έχουν μελετηθεί τέσσερις μέθοδοι παραγωγής βιοντίζελ με στόχο, κυρίως, την επίτευξη μείωσης του υψηλού ιξώδους των φυτικών ελαίων, ώστε αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους κοινούς κινητήρες ντίζελ χωρίς τα προβλήματα λειτουργίας, όπως για παράδειγμα εκείνα που σχετίζονται με τις επικαθίσεις στον κινητήρα. Αυτές οι μέθοδοι είναι οι εξής: α) **ανάμιξη (blending)** λαδιού με πετρελαϊκό ντίζελ, β) **πυρόλυση (pyrolysis)**, γ) **μικρογαλακτωματοποίηση (microemulsification)** και δ) **μετεστεροποίηση (transesterification)**.

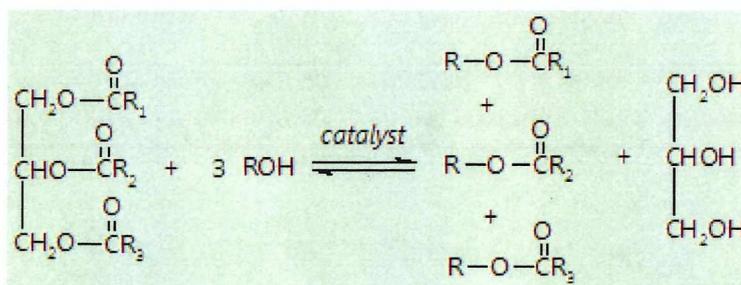
Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ



Γράφημα 1: Τρόποι παραγωγής Βιοκαυσίμων⁴,

Η μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ που εφαρμόζεται παγκόσμια σε βιομηχανικό επίπεδο είναι αυτή της αλκοόλυσης (μετεστεροποίησης) των τριγλυκεριδίων που αποτελούν το κύριο συστατικό των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών.

Ακολουθως δίνεται η αντίδραση μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων όπου τα R1, R2 και R3 είναι μακριές αλυσίδες που περιέχουν άτομα άνθρακα και υδρογόνου (αλυσίδες λιπαρών οξέων):



Γράφημα 2: Αντιδράσεις Μετεστεροποίησης⁵

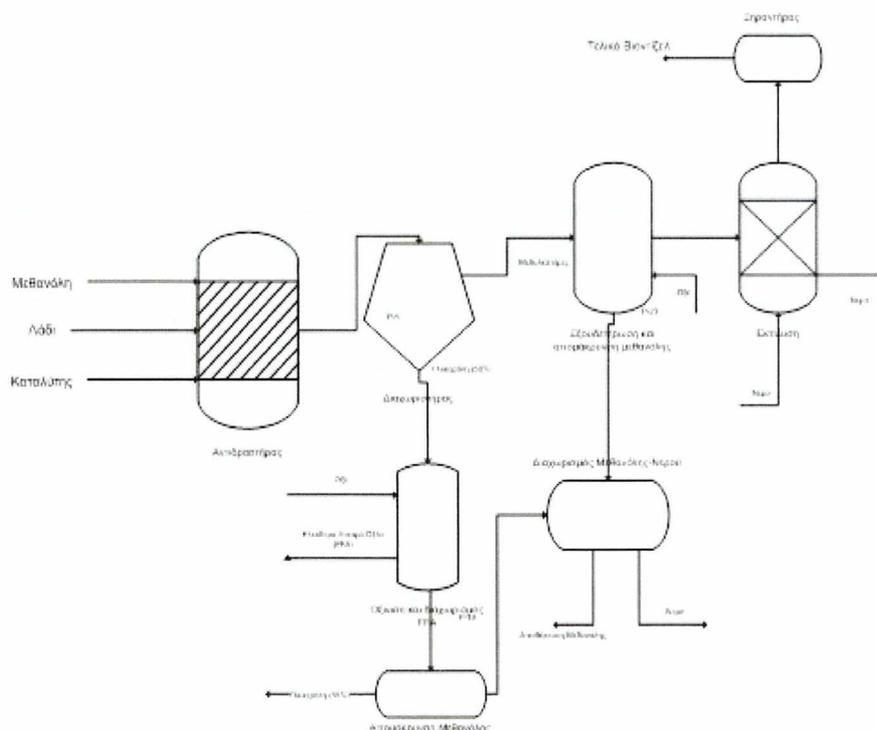
Ως αλκοόλη χρησιμοποιείται συνήθως η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει. Ειδικοί καταλύτες (βάσεις, οξέα και ένζυμα) βοηθούν την αντίδραση, η οποία πραγματοποιείται σε χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης μετεστεροποίησης τα λιπαρά τμήματα του τριγλυκεριδίου αντικαθίστανται από το υδροξύλιο της αλκοόλης οπότε παράγονται αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων και ως ενδιάμεσα διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, τα οποία με τη σειρά τους δίνουν νέους αλκυλεστέρες. Στο τέλος της αντίδρασης έχουν παραχθεί οι

⁴ Biodiesel Production technology handbook

⁵ <http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biodiesel/505-biodiesel-production-and-the-transesterification-process>

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

αλκυλεστέρες των λιπαρών οξέων (μεθυλεστέρες εφόσον ως αλκοόλη έχει χρησιμοποιηθεί η μεθανόλη), οι οποίοι αποτελούν το βιοντίζελ και γλυκερίνη ως παραπροϊόν. Ακολουθεί κατάλληλος διαχωρισμός των προϊόντων και καθαρισμός του παραγόμενου βιοντίζελ.



Γράφημα 3: Παραγωγική Διαδικασία Βιοντίζελ⁶,

Το είδος του καταλύτη που χρησιμοποιείται στην αντίδραση μετεστεροποίησης είναι σημαντικός παράγοντας, αφού καθορίζει την ποιότητα που πρέπει να έχουν οι πρώτες ύλες. Οι συνθήκες της αντίδρασης (θερμοκρασία, πίεση και αναλογίες των ποσοτήτων των αντιδραστηρίων) καθώς και τα στάδια διαχωρισμού των προϊόντων επίσης καθορίζονται από την ποιότητα των πρώτων υλών σε συνδυασμό με το είδος του καταλύτη. Οι διεργασίες στις οποίες βασίζεται η έως τώρα ανάπτυξη των μονάδων παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς σε ολόκληρο τον κόσμο χρησιμοποιούν ως καταλύτες κυρίως ισχυρές βάσεις (NaOH ή KOH, CH₃ONa κ.ά.), οι οποίες διαλύονται στη μεθανόλη, σπανίως δε ισχυρά οξέα (πυκνό H₂SO₄).

1.1.6 Νομοθετικές ρυθμίσεις για την βιομάζα και την χρήση της

Η ελληνική κυβέρνηση με τον νόμο υπ' αριθμόν 3423 που δημοσιεύθηκε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως στις 13 Δεκεμβρίου του 2005 δημιούργησε το θεσμικό πλαίσιο εισαγωγής στην ελληνική αγορά των βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων πηγών καυσίμου. Στην

⁶ Biodiesel production technology handbook

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

ουσία ήταν η τροποποίηση του υπάρχοντα νόμου 3054/2002, με την εισαγωγή συγκεκριμένων παραγράφων που αφορούν τα βιοκαύσιμα. Είχε προηγηθεί η ανακοίνωση του της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με το σχέδιο δράσης και χρήσης της βιομάζας σύμφωνα με το οποίο θα έπρεπε να εναρμονιστούν τα κράτη μέλη.

Σύμφωνα με την παραπάνω νομοθετική διάταξη τα βιοκαύσιμα, υγρά και αέρια, θεωρούνται πετρελαιοειδή προϊόντα και η εμπορία και η διάθεση τους γίνεται βάση της ισχύουσας νομοθεσίας που υπάρχει για τα συμβατικά καύσιμα(3054/2002).

Αν και ο παραπάνω νόμος του 2005 εστίαζε στην χρήση των βιοκαύσιμων, που όπως είπαμε είναι μία μορφή βιομάζας, η νομοθετική ρύθμιση για την χρήση της βιομάζας ψηφίστηκε στις 9/11/2011 (αρ. φύλλου 2654) οπότε τα κυριότερα σημεία της υπουργικής απόφασης αφορούσαν

- στην απελευθέρωση χρήσης βιομάζας,
- στη θεσμοθέτηση ενός πλαισίου που θα ελέγχει της εκπομπές καυσαερίων από αυτές τις εγκαταστάσεις.

Μέχρι και την παραπάνω ημερομηνία η καύση βιομάζας, απαγορευόταν στο λεκανοπέδιο της Αττικής και του νομού Θεσσαλονίκης, βασιζόμενη σε μία απόφαση οπότε απαγόρευε και απέκλειε τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης με βιομάζα στις παραπάνω περιοχές. Εκείνη η απόφαση είχε παρθεί έχοντας ως επιχείρημα την ανάγκη για μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Έτσι αποκλείστηκε η χρήση βιομάζας για περιβαλλοντικούς λόγους καθώς τα υπάρχοντα συστήματα βιομάζας χαρακτηρίστηκαν ότι περιείχαν υψηλές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων.

Η παραπάνω απόφαση έρχεται να προστεθεί στις διατάξεις που έχει ψηφίσει η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων στις οποίες γίνεται λόγος για την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ αειφόρου ανάπτυξης, της ανταγωνιστικότητας των ΑΠΕ και την ασφάλεια του ανεφοδιασμού, την «ενεργειακή» αλληλεγγύη των κρατών και την στρατηγική ανάπτυξη της πράσινης ενέργειας, έχοντας πάντα σε πρώτο πλάνο την ενεργειακή ανεξάρτηση από το πετρέλαιο και την μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος σε παγκόσμιο επίπεδο.

1.2 Δομή και χαρακτηριστικά των Πέλλετ

Τα Πέλλετ είναι μία σημαντική εναλλακτική πηγή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, και ανήκει στην οικογένεια των βιοκαυσίμων. Με τον όρο βιοκαύσιμα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Τα πέλλετ χρησιμοποιούνται πλέον με την ίδια ευκολία όπως τα συμβατικά καύσιμα και αναμένεται να αποτελέσουν σημαντικό μερίδιο της αγοράς θερμικής ενέργεια τα επόμενα χρόνια.

1.2.1 Δομή και χαρακτηριστικά των Πέλλετ

Τα Πέλλετ είναι ένα καύσιμο σε μορφή κυλινδρική ή σφαιρική μήκους 10-30mm και διαμέτρου 6-12mm με περιεκτικότητα σε υγρασία όχι παραπάνω από 10%, και περιεχόμενο τέφρας περίπου 0,3%. Η απαιτούμενη πυκνότητα είναι 650kg/m^3 . Τα πέλλετ παράγονται από υπολείμματα ξυλείας είτε μαλακής (πχ. πεύκο, έλατο, ερυθρελάτη) ή σκληρής (π.χ. δρύς, σημύδα, ιτιά, λεύκα). Τα υπολείμματα των πριστηρίων, όπως το πριονίδι, το ροκανίδι και τα ξακρίδια συνιστούν εξίσου δημοφιλή υλικά για την παραγωγή πέλλετ βιομάζας. Στην παραγωγή των πέλλετ δεν παίρνουν μέρος ήδη ανακυκλωμένα κομμάτια ξύλου όπως μοριοσανίδες, επεξεργασμένα ή βαμμένα κομμάτια ξύλου, ρητίνη μελαμίνης διότι κατά την καύση εκπέμπουν επιβλαβή στοιχεία. Σημαντικό χαρακτηριστικό της επεξεργασίας αυτής είναι η απουσία οποιασδήποτε χημικής ή συγκολλητικής ουσίας. Η λιγνίνη, που αποτελεί κύριο συστατικό των τοιχωμάτων του ξύλου και άλλων φυτικών ειδών, λειτουργεί σαν κόλλα και συγκρατεί τη μάζα συμπυκνωμένη, ενώ παράλληλα δίνει την λεία επιφάνεια στο τελικό προϊόν.

Μηχανική Αντοχή

Η μηχανική αντοχή αναφέρεται στο πόσο σκληρό είναι το τελικό προϊόν. Αυτό εξαρτάται από την πυκνότητα (650kg/m^3) των πέλλετ, σύμφωνα με την επεξεργασία που υφίσταται η πρώτη ύλη, και την διαμόρφωση από την πελλετοποίηση. Όσο πιο πυκνά είναι τα πέλλετ τόσο πιο ενεργειακά πλούσια και πιο αποδοτικά είναι κατά την χρήση τους καθώς επίσης επηρεάζεται το μέγεθος της παραγωγής και της αποθήκευσης. Σε περίπτωση που η συμπίεση δεν ήταν η απαιτούμενη ή υπάρχει παραπάνω υγρασία από την προβλεπόμενη, τα πέλλετ χάνουν την αποδοτικότητα τους και είναι αρκετά εύθραυστα κάτι που καθιστά το τελικό προϊόν μη αποδοτικό.

Υγρασία

Κατά την παραγωγή των πέλλετ το ζητούμενο είναι να κρατήσουμε όσο πιο χαμηλά γίνεται το ποσοστό της υγρασίας. Το απαιτούμενο ποσοστό της υγρασίας είναι μεταξύ του 2%-10%. Σε περίπτωση που η υγρασία ξεπερνά το 10% τότε έχουμε την παραγωγή πέλλετ φτωχού ενεργειακού περιεχομένου. Η υγρασία που υπάρχει οφείλεται στην πρώτη ύλη αφού είναι γνωστό ότι τα επεξεργαζόμενα ξύλα (πρώτη ύλη) περιέχουν υγρασία σε ένα ποσοστό γύρω στο 40%.

Περιεχόμενο τέφρας

Το ξύλο είναι κατά γενική ομολογία προτιμώμενο ως πρώτη ύλη για την παραγωγή πέλλετ, και την μετέπειτα καύση τους στους κατάλληλους λέβητες, σε σχέση με τα γεωργικά απόβλητα. Αυτό οφείλεται κυρίως στη χαμηλή πυκνότητα των γεωργικών αποβλήτων, καθώς και το φτωχό ενεργειακό περιεχόμενο τους κάτι που αυτόματα αυξάνει το κόστος μεταφοράς και το κόστος αποθήκευσης. Το περιεχόμενο τέφρας στο ξύλο είναι σχετικά μικρό, 3-5% . Τα γεωργικά απόβλητα έχουν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά τέφρας καθώς και άλλων ανεπιθύμητων συστατικών όπως πυρίτιο, ασβέστιο, κάλλιο, και θείο. Αυτά τα στοιχεία είναι αποτέλεσμα των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται από τους αγρότες. Έτσι αυτά τα στοιχεία όταν καίγονται αφήνουν μία μαύρη «κρούστα» η οποία διαβρώνει τα μεταλλικά μέρη του λέβητα.

Ενεργειακό Περιεχόμενο

Το ενεργειακό περιεχόμενο των πέλλετ, το οποίο πληροί της προδιαγραφές που περιγράφονται παραπάνω, είναι αρκετά υψηλό, περί 4.7-5.2 KWh/kg ή 16.9-18 MJ/kg. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι το 2kg πέλλετ ισοδυναμεί με 1kg πετρελαίου και 1.4kg φυσικού αερίου.

1.2.2 Έλεγχος ποιότητας των Πέλλετ

Υπάρχουν διάφοροι απλοί τρόποι για να ελέγξουμε την ποιότητα των παραγόμενων πέλλετ (ως καταναλωτές). Ένας συνηθισμένος τρόπος είναι ο παρακάτω:

Όπως έχει ειπωθεί πιο πριν τα Πέλλετ πρέπει να περιέχουν υγρασία μικρότερη του 10%. Έτσι λοιπόν μπορούμε να διαπιστώσουμε την ποιότητα του, αν σε ένα ποτήρι νερό τοποθετήσουμε ένα Pellet. Αν αυτό βυθιστεί τότε το pellet έχει πολύ μεγάλη πυκνότητα και έχει διαμορφωθεί κάτω από την απαιτούμενη πίεση.

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

Σε αυτό το σημείο θα ήταν ενδιαφέρον να παραθέσουμε τους πίνακες των προδιαγραφών σύμφωνα με τα Αμερικάνικα Πρότυπα καθώς και τα Ευρωπαϊκά πρότυπα (CEN).

| Χαρακτηριστικά Καυσίμου | Βέλτιστο | Τυπικό | Αποδεκτό |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Πυκνότητα μάζας (lb/ft ³) | 40.0-40.6 | 38.0-46.0 | 38.0-46.0 |
| Διάμετρος (in) | 0.230-0.285 | 0.230-0.285 | 0.230-0.285 |
| Διάμετρος (mm) | 5.84-7.25 | 5.84-7.25 | 5.84-7.25 |
| Δείκτης Αντοχής Pellet | >96.5 | >95.0 | >95.0 |
| Ποσοστό Τέφρας (%) | <1.0 | <2.0 | <6.0 |
| Μήκος(% μεγαλύτερο 1.5 in) | <1.0 | <1.0 | <1.0 |
| Υγρασία (%) | <8.0 | <10.0 | <10.0 |
| Χλώριο (ppm) | <300 | <300 | <300 |

Πίνακας 1: Ινστιτούτο Βιοκαυσίμων ΗΠΑ⁷,

| Πρότυπα Βιομάζας (Biomass standards) | Εφαρμόζεται σε : 1) Βιομάζα Ξύλου, 2) Φυτική Βιομάζα, 3) Βιομάζα Φρούτων, 4) Μίγμα |
|--------------------------------------|--|
| Σχηματιζόμενη Μορφή: | Πέλλετ |
| Κανονιστικές Προδιαγραφές | |
| Διαστάσεις(mm) | D06≤ 6mm, ανοχή 0,5 mm and L≤5x διάμετρος |
| Διάμετρος και μήκος | D08≤ 8mm, ανοχή 0,5 mm and L≤4x διάμετρος |
| | D10≤ 10mm, ανοχή 0,5 mm and L≤ 4x διάμετρος |
| | D12≤ 12mm, ανοχή 1mm and L≤4x διάμετρος |
| | D25≤25mm, ανοχή 1mm and L≤ 4x διάμετρος |
| Υγρασία (w%) | M10≤10% |
| | M15≤15% |
| | M20≤20% |
| Τέφρα (w% επί ξηρής βάσης) | A0.7 ≤0,7 % |
| | A1,5≤ 1,5 % |
| | A3.0≤3,0 % |

⁷ Technical Guide to pellet production

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

| | |
|--|---------------------------|
| | A6.0≤6.0% |
| Θείο (w% επι ξηρής βάσης) | S0,05≤ 0,05% |
| | S0,08≤ 0,08% |
| | S0,10≤0,10 |
| | S0,20≤0,20 |
| Προδιαγραφές | |
| Καθαρή θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg as received) ή ενεργειακή πυκνότητα (kWh/m³) | |
| Μαζική πυκνότητα(kg/m³) | |
| Χλώριο, Cl (επι ξηράς βάσης w-%) | Cl 0,03, Cl 0,07, Cl 0,10 |
| a. Μέγιστο 20 w% των πέλλετ πρέπει να έχουν μήκος διαμέτρου 7,5 | |
| b. Θείο περιέχεται μόνο στην χημικά επεξεργασμένη Βιομάζα | |
| Πίνακας 2: Ευρωπαϊκά Πρότυπα (CEN)⁸, | |

1.3 Άλλες πρώτες ύλες για παραγωγή των Πέλλετ

Ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του τύπου εγκατάστασης ενός εργοστασίου παραγωγής πέλλετ είναι η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης. Σε αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε εναλλακτικές πρώτες ύλες για την παραγωγή των πέλλετ, πέρα από το ξύλο και τα παράγωγά του.

1.3.1 Φαλαρίδα (μελισσοκομικό φυτό)

Η φαλαρίδα συλλέγεται την άνοιξη, από ξηρά χωράφια τα οποία δίνουν 5-10 τόνους ανά 10 στρέμματα επιφανείας. Η φαλαρίδα περιέχει πολύ μικρό ποσοστό υγρασίας, περίπου 10-15 % και μπορεί να φυτρώνει στην ίδια έκταση για τουλάχιστον 15 χρόνια χωρίς λιπάσματα και μεγάλες ποσότητες νερού.

⁸ Technical Guide to pellet production



Εικόνα 4: Φαλαρίδα⁹

1.3.2 Μίσχανθος

Ο μίσχανθος μπορεί να ξεπεράσει τα 3,5 μέτρα ύψος σε μία παραγωγική σεζόν. Ο μίσχανθος, μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε βιομάζα πιο αποδοτικά, και έχει την ικανότητα να εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια και σε χαμηλές θερμοκρασίες, όταν άλλα φυτά μειώνουν τον ρυθμό φωτοσύνθεσης. Επίσης έχει χαμηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά πράγμα που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται την προσθήκη λιπασμάτων. Μία έκταση 10 στρεμμάτων μπορεί να αποδώσει μέχρι και 15 τόνους μίσχανθου σε ετήσια βάση. Η συγκομιδή γίνεται την περίοδο από τον Νοέμβριο έως τον Φεβρουάριο, όπου λαμβάνονται και τα υψηλότερα ποσοστά σε ξηρά ουσία. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να γίνει η συγκομιδή τη σωστή χρονική στιγμή όπου το φυτό θα είναι ξηρό αλλά δεν θα έχουν αρχίσει να πέφτουν τα παλιά γερασμένα φύλλα, όπου οι απώλειες μπορεί να φτάσουν και το 30-40%.

⁹ <http://mesologgibee.blogspot.gr/>



Εικόνα 5: Μισχανθος¹⁰

1.3.3 Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα είναι ακόμα ένα είδος ενεργειακού φυτού από το οποίο μπορεί να παραχθεί στερεή βιομάζα. Μπορεί να φθάσει μέχρι τρία μέτρα ύψος και τα 10 στρέμματα καλλιέργειας δίνουν περίπου 2-8 τόνους αγκινάρας. Αν και η θερμοδική αξία της αγριαγκινάρας είναι περίπου 15 MJ/kg το ποσοστό τέφρας είναι αρκετά ψηλό (περίπου 13%), και για αυτό το λόγο συνήθως χρησιμοποιείται μαζί με άλλα ενεργειακά φυτά για την παραγωγή των πέλλετ.

¹⁰ Kalathaki.wordpress.com

1.3.4 Ο πυρήνας της Ελιάς (πυρηνόξυλο)

Είναι το απόβλητο από την παραγωγική διαδικασία του ελαιόλαδου. Ο πυρήνας της ελιάς (κουκούτσι) χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή πέλλετ. Το πυρηνόξυλο είναι προϊόν που προέρχεται από την κατεργασία του ελαιοπυρήνα στα πυρηνελαιουργία. Ο ελαιοπυρήνας είναι υποπροϊόν που παράγεται στα ελαιοτριβεία μετά την επεξεργασία του καρπού της ελιάς. Η σύνθεση του σαν καύσιμο είναι περίπου ίδια με αυτή του ξύλου, ενώ η υγρασία του κυμαίνεται συνήθως από 12%-15%. Σημαντική από περιβαλλοντικής άποψης είναι η πολύ χαμηλή έως μηδαμινή περιεκτικότητα του σε θείο καθώς και ότι το καύσιμο δεν περιέχει τοξικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα. Το ποσοστό τέφρας του πυρηνόξυλου είναι μεταξύ 3,5%-4,5%. Ωστόσο το πρόβλημα κατά την καύση του πυρηνόξυλου (και κατά συνέπεια των πέλλετ από πυρηνόξυλο) είναι η άσχημη μυρωδιά που εκλύεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αποφεύγεται η χρήση του από οικιακούς καταναλωτές.



Εικόνα 6: Πυρήνας Ελιάς

1.3.5 Άλλα αγροτικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη.

Υπάρχουν πάρα πολλά γεωργικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των πέλλετ όπως το ηλιοτρόπιο, η ελαιοκράμβη, το καλαμπόκι, ακόμα και ο καφές. Το κύριο πρόβλημα είναι τα φτωχά ενεργειακά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν. Επικρατεί η άποψη ότι οι πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μαζί με βασικές πρώτες ύλες, όπως το ξύλο, έτσι ώστε το τελικό προϊόν να έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά όπως η αντοχή και το χαμηλό ποσοστό τέφρας.

1.4 Διαδικασία Παραγωγής Wood Pellets

Η διαδικασία παραγωγής των wood pellets είναι απλή αλλά όχι αρκετά διαδεδομένη στην Ελλάδα. Η μονάδες παραγωγής πέλλετ είναι περιορισμένες και οι εισαγωγές από κράτη της Ευρώπης είναι αναπόφευκτες.

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας θα μελετήσουμε ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής wood-pellets, σχολιάζοντας όλα τα σημεία της γραμμής παραγωγής.

Αρχικά θα κάνουμε μία αναφορά των σημείων εργασίας που υπάρχουν στην γραμμή παραγωγής.

- 1. Συλλογή και Αποθήκευση πρώτης ύλης**
- 2. Εισαγωγή πρώτων υλών**
- 3. Τεμαχισμός (σπαστήρας)**
- 4. Διαχωριστής**
- 5. Σφυρόμυλος**
- 6. Ξηραντήριο**
- 7. Σιλό**
- 8. Μηχανή Παραγωγής Πέλλετ**
- 9. Αφυγραντήρας**
- 10. Κόσκινο**
- 11. Σιλό**
- 12. Ζυγιστική Μηχανή- Συσσκευασία**
- 13. Τελικό Προϊόν**

Η παραπάνω γραμμή παραγωγής είναι μια γενικευμένη γραμμή, με την έννοια ότι κάθε εργοστάσιο μπορεί να μην χρειάζεται κάποια από τα παραπάνω σημεία. Αυτό εξαρτάται κυρίως από την μορφή της πρώτης ύλης την οποία επεξεργάζεται το κάθε εργοστάσιο, ή τον εξοπλισμό που κάθε εργοστάσιο χρησιμοποιεί.

1.4.1 Ανάλυση Εργασιών της Γραμμής Παραγωγής

1) Αποθήκευση Πρώτης Ύλης

Η αποθήκευση της πρώτης ύλης είναι το πρώτο στάδιο της γραμμής παραγωγής. Σε κάθε εργοστάσιο θα πρέπει να υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος, έτσι ώστε να αποθηκεύεται πρώτη ύλη ικανή να καλύψει τη ζήτηση για 4 μήνες. Η εισερχόμενη στο εργοστάσιο πρώτη ύλη θα ταξινομηθεί όσον αφορά τα είδη και τα σχήματα, δηλαδή θα διαχωρίζεται σε ξεχωριστούς σωρούς ανάλογα με

- με το είδος της ύλης (κορμοί, ξυλεία μικρών διαστάσεων, ακανόνιστης μορφής ξύλινα αντικείμενα) και
- το είδος της δασικής ξυλείας (κωνοφόρα-πλατύφυλλα)

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

Οι διάφοροι σωροί θα διαταχθούν έτσι ώστε να επιτευχθεί μία συνεχής ροή πρώτης ύλης στη βάση «πρώτου εισερχόμενου - πρώτου εξερχόμενου»(FIFO).

Η πρώτη ύλη αποτελείται από υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου από αντίστοιχες βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, υπολείμματα δασικής επεξεργασίας, υπολείμματα κλαδέματος, ή υπολείμματα αγροτικών καλλιεργειών. Συγκεκριμένα, επιθυμητά είδη ξύλου είναι τα ξακρίδια (υπολείμματα ξυλείας), κυρίως πεύκο, έλατο, οξιάς. Η περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε υγρασία είναι ήδη αρκετά μεγάλη (περίπου 40-60%). Επίσης η υγρασία είναι ένας από του βασικούς παράγοντες κατά την παραγωγή πέλλετ. Θα ήταν επιθυμητό λοιπόν να προστατέψουμε όσο περισσότερο μπορούμε την πρώτη μας ύλη σε κλειστά και ξηρά μέρη ώστε να διατηρηθεί σε καλύτερη κατάσταση. Αυτό μας οδηγεί στην δημιουργία αποθηκών μεταλλικού τύπου ή συνηθισμένων βαριών κατασκευών για την αποθήκευση της πρώτης ύλης.



Εικόνα 7: Χώρος αποθήκευσης πρώτης ύλης

2) Εισαγωγή Πρώτων Υλών

Οι φορτωτές μεταφέρουν την πρώτη ύλη στο τραπέζι τροφοδοσίας. Στην συνέχεια μέσω δονήσεως το υλικό προωθείται με ομαλή διάταξη σε ειδικό ραουλόδρομο όπου επιτυγχάνεται

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

η αποφλοίωση και ο διαχωρισμός της πρώτης ύλης από πέτρες, φύλλα κ.α. Η απορριφθέντα πρώτη ύλη μέσω ξεχωριστού ταινιομεταφορέα κατευθύνεται στο συγκρότημα του καυστήρα για καύση, ενώ οι αποδεκτοί κορμοί ξύλων και τα υπολείμματα ξυλείας οδηγούνται μέσω ταινιόδρομου στον σπαστήρα. Οι ταινιόδρομοι είναι ειδικά κατασκευασμένοι ώστε να τροφοδοτούνται τα ξύλα κατά μήκος και διαδοχικά.



Εικόνα 8: Είσοδος και έλεγχος πρώτης ύλης

3) Τεμαχισμός- Σπαστήρας (Shredding)

Σε αυτό το στάδιο γίνεται ο τεμαχισμός της πρώτης ύλης αφού πρώτα ελεγχθεί από τυχόν ανεπιθύμητα προϊόντα. Ο τεμαχισμός της πρώτης ύλης γίνεται σε συγκεκριμένη διάμετρο. Τα λεγόμενα τσιπ έχουν διάμετρο αυστηρά μεταξύ 25mm-60mm.

Ανάλογα το μέγεθος της πρώτης ύλης χρησιμοποιείται και ο ανάλογος εξοπλισμός. Η πρώτη ύλη μπορεί να είναι έχει μεγάλες διαστάσεις (πχ κορμοί δέντρων ή κλαδοκάθαρα) ή διαστάσεις μικρού μεγέθους (πχ υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου).

Παρακάτω παραθέτω φωτογραφίες από μηχανήματα τεμαχισμού ανάλογα με το μέγεθος της πρώτης ύλης.



Εικόνα 9: Μηχανή τεμαχισμού πρώτης ύλης (μεγάλων διαστάσεων πχ κορμοί δέντρων)¹¹

¹¹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Woodchips>



Εικόνα 10: Μηχανή τεμαχισμού πρώτης ύλης μικρών διαστάσεων

Στην ελληνική βιομηχανία πέλλετ προτιμούνται κυρίως μηχανές τεμαχισμού σταθερού τύπου, όπως αυτή της δεύτερης φωτογραφίας. Οι τεμαχιστές αυτοί αποτελούνται από το δοχείο εισαγωγής πρώτης ύλης, το μηχανισμό θρυμματίσης και ένα δοχείο συλλογής των τσιπς (προαιρετικό). Στις περισσότερες περιπτώσεις τα ροκανίδια από τον τεμαχιστή οδηγούνται στο έδαφος ή σε δοχείο συλλογής κάποιου οχήματος, έτσι ώστε να μεταφερθούν στον διαχωριστή (κόσκινο) και αργότερα στα σιλό τροφοδοσίας.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι στις περισσότερες μηχανές υπάρχει και ένας ανιχνευτής μετάλλων και λοιπών ανεπιθύμητων παραπροϊόντων. Η πρώτη ύλη περνάει από τον ανιχνευτή και σε περίπτωση ύπαρξης ανεπιθύμητων προϊόντων η διαδικασία σταματάει έτσι ώστε να αποφευχθεί κάποια αστοχία στη μηχανή τεμαχισμού.

Οι περισσότεροι τεμαχιστές λειτουργούν με ενέργεια που είναι συσσωρευμένη σε ένα βολάν αν και μερικοί χρησιμοποιούν τύμπανα. Οι λεπίδες τεμαχισμού είναι τοποθετημένες στο πρόσωπο του σφονδύλου και ο σφόνδυλος παίρνει κίνηση και επιταχύνει από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Οι πρώτοι τεμαχιστές που βγήκαν στην αγορά λειτουργούσαν με τύμπανο. Με ένα μεγάλο ατσάλινο τύμπανο με λειτουργία από τον κινητήρα και την βοήθεια ενός ιμάντα.



Εικόνα 11: Χώρος εναπόθεσης τεμαχισμένης ύλης

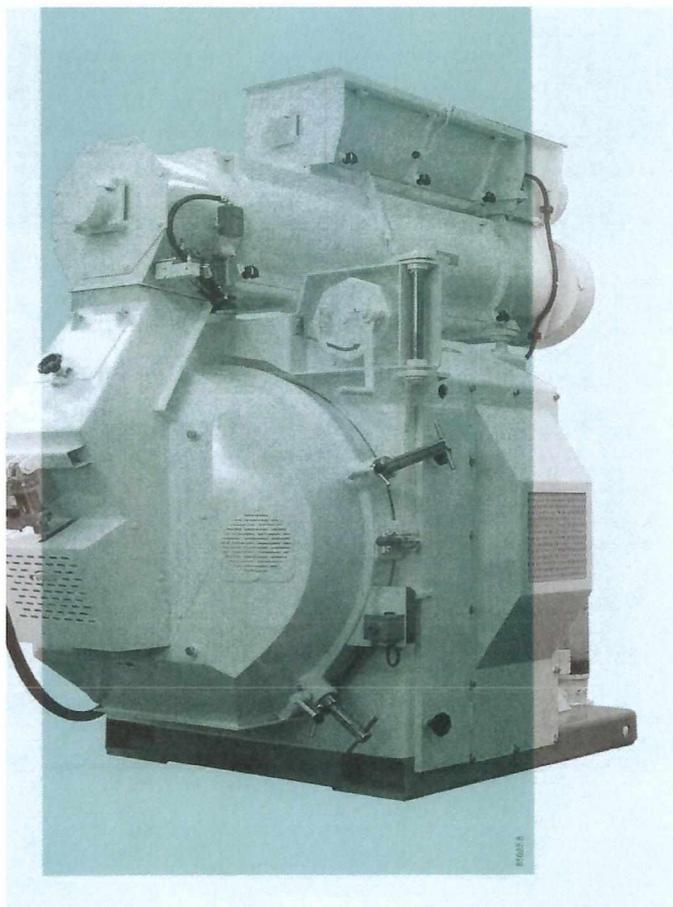
4) Διαχωριστής- Κόσκινο

Στο στάδιο αυτό της παραγωγικής διαδικασίας ελέγχεται το μέγεθος των τεμαχισμένων προϊόντων. Αν κάποια κομμάτια είναι μεγαλύτερα από τα επιθυμητά όρια τότε επιστρέφει στο προηγούμενο στάδιο, αυτό του τεμαχισμού έτσι ώστε να επιτύχουμε τις επιθυμητές διαστάσεις. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με την χρησιμοποίηση κατάλληλων κόσκινων και διαχωριστών.

Η τεμαχισμένη πρώτη ύλη μεταφέρεται με ταινίες σε σιλό αναμονής. Τα σιλό συνήθως είναι κατασκευασμένα σε βαθμίδες. Η μεταφορική ταινία αποθέτει την πρώτη ύλη στη ψηλότερη βαθμίδα έτσι ώστε να έχει μία συνεχή ροή. Στο τέλος κάθε βαθμίδας υπάρχει ένα κόσκινο από το οποίο περνάνε μόνο η πρώτη ύλη που έχει επιθυμητές διαστάσεις και πηγαίνει προς τον πάτο του σιλό έτσι ώστε να οδηγηθεί στην επόμενη διαδικασία. Η πρώτη ύλη που μένει στο κόσκινο συλλέγεται και επιστρέφει στην διαδικασία τεμαχισμού.

5) Σφυρόμυλος

Το προϊόν κατά την εξαγωγή του από το κόσκινο θα εισέρθει σε μια κυψέλη τροφοδοσίας του σφυρόμυλου. Ο σφυρόμυλος θρυμματίζει το προϊόν στο επιθυμητό μέγεθος της τάξεως των 1,8-2,2mm, κατάλληλο για την διαδικασία κυβοποίησης (πελλετοποίησης) . Για τον διαχωρισμό της σκόνης και τη λειτουργία του σφυρόμυλου σε υποπίεση θα τοποθετηθεί ανεμιστήρας και κυκλώνας μαζί με τους αναγκαίους αεραγωγούς.



Εικόνα 12: Σφυρόμυλος, Buhler A.G.

6) Ξηραντήριο

Είναι το σημαντικότερο κομμάτι κατά την διαδικασία παραγωγής των πέλλετ. Σε αυτό το σημείο η τεμαχισμένη πρώτη ύλη περνάει στο ξηραντήριο με σκοπό την αφύγρανση της. Το ξύλο περιέχει υγρασία σε ποσοστά μεγαλύτερα του 40% με αποτέλεσμα να μην είναι αποδοτική η καύση του. Στο σημείο αυτό, η πρώτη ύλη πρέπει να αποκτήσει υγρασία σε ποσοστό μεταξύ του 3-5 %. Ούτε λιγότερο, ούτε περισσότερο, διότι το τελικό προϊόν δεν θα έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για να είναι αποδοτική η μετέπειτα καύση του. Ο ξηραντήρας λειτουργεί σε θερμοκρασία 400 βαθμών °C. Η διαδικασία της ξήρανσης

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

είναι η πιο ενεργοβόρα της παραγωγικής διαδικασίας. Τα εργοστάσια παραγωγής πέλλετ χρησιμοποιούν είτε φυσικό αέριο είτε βιομάζα ως καύσιμο για την ξήρανση.

Τα κυριότερα μέρη του ξηραντήριου είναι τα εξής

A) Περιστροφικός Κύλινδρος

B) Ο μηχανισμός κίνηση του κυλίνδρου

Γ) Ο φουσητήρας ξηρού αέρα στον κύλινδρο

Το συγκρότημα καύσης βιομάζας ή του φυσικού αερίου (καυστήρας) και ο ξηραντήρας αποτελούν κλειστό κύκλωμα, λόγω αυτού τα καυσαέρια μεταφέρονται απευθείας στο ξηραντήρα. Από την έξοδο του ξηραντήρα τα καυσαέρια μεταφέρονται σε κυκλώνα και στην συνέχεια σε φίλτρο για μεγαλύτερο ακόμα αποτέλεσμα καθαρισμού αέρος.



Εικόνα 13: Ξηραντήριο τύπου ζώνης (belt dryer)

7) Σιλό αποθήκευσης

Μετά το ξηραντήριο η πρώτη ύλη είναι έτοιμη προς συμπίεση. Αποθηκεύεται σε σιλό, όπως αυτά που είχαμε για το κοσκίνισμα της πρώτης ύλης. Απλά σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχει το κόσκινο στις βαθμίδες του σιλό. Το μέγεθος του σιλό είναι ανάλογο της δυναμικότητας του εργοστασίου και του εξοπλισμού συμπίεσης.



Εικόνα 14: Σιλό

8) Μηχανή Παραγωγής (Πρέσες)

Τα πέλλετ παράγονται από την συμπίεση της κοκκοποιημένης βιομάζας σε ειδική πρέσα μέσα από τις τρύπες ανοξείδωτου καλουπιού με το οποίο είναι εξοπλισμένη και το οποίο δίνει στα πέλλετ τη χαρακτηριστική κυλινδρική μορφή τους. Η δυναμικότητα κάθε πρέσας πέλλετ κυμαίνεται από μερικές δεκάδες κιλά έως μερικές δεκάδες τόνους ανά ώρα. Η

εφαρμογή υψηλών πιέσεων στην εισερχόμενη κοκκοποιημένη βιομάζα εξαναγκάζει το υλικό σε μια κίνηση μέσα από τις τρύπες του κυκλικού καλουπιού, με τη διάμετρο των συγκεκριμένων τρυπών να καθορίζουν, τελικά, και τη διάμετρο των παραγόμενων πέλλετ. Καθώς αυξάνεται η ασκούμενη πίεση, αυξάνονται οι τριβές μεταξύ των κόκκων της βιομάζας με άμεση συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας της. Η αυξημένη θερμοκρασία μαλακώνει την λιγνίνη (μία εκ των τριών βασικών ομάδων ενώσεων της βιομάζας μαζί με την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες) η οποία δρα σαν συγκολλητική ουσία μεταξύ των σωματιδίων της βιομάζας. Η ρύθμιση της κατάλληλης θερμοκρασίας για να γίνει αυτό επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού του καλουπιού, το οποίο θα πρέπει να δημιουργεί το απαιτούμενο επίπεδο αντίστασης στη ροή των σωματιδίων βιομάζας ώστε να αναπτυχθούν οι επιθυμητές πιέσεις- άρα και θερμοκρασίες. Σε περίπτωση που οι τρύπες του καλουπιού είναι μεγαλύτερες από όσο πρέπει, το υλικό διαφεύγει εύκολα μέσα από αυτές και δεν αναπτύσσονται ικανές πιέσεις-θερμοκρασίες για την παραγωγή ενός συμπαγούς προϊόντος δίχως θρύμματα. Η ύπαρξη, βέβαια, πολύ μικρών οπών στα καλούπια συνεπάγεται την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, την μερική πυρόλυση (ατελή καύση) ορισμένων σωματιδίων και την παραγωγή υποβαθμισμένης ποιότητας τελικού προϊόντος.

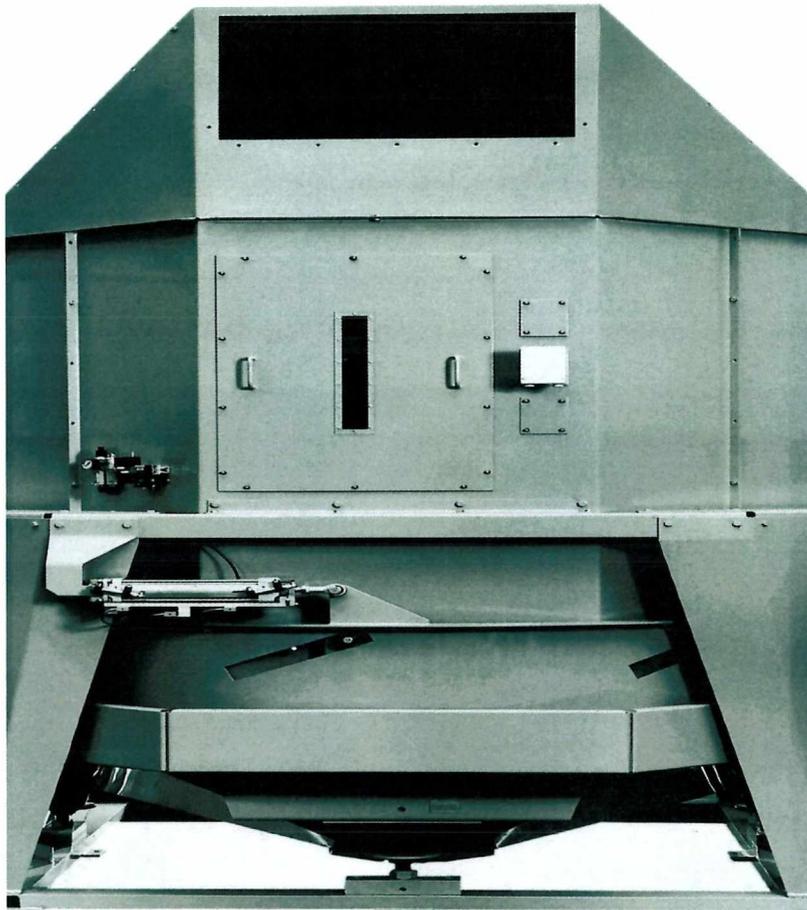
Το στάδιο της πελλετοποίησης είναι η μόνη φάση της παραγωγικής διαδικασίας των πέλλετς στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πρόσθετες ενώσεις. Πιο συγκεκριμένα, για την ενίσχυση της συνεκτικότητας των πέλλετ προστίθεται κάποιες φορές κάποιο φυσικό συγκολλητικό, όπως το άμυλο. Η χρήση ή μη των φυσικών προσθέτων εξαρτάται βασικά από την ποιοτική σύσταση της πρώτης ύλης, δηλαδή από την αναλογία της λιγνίνης ως προς την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και την τέφρα του υλικού. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα προσθέτων στο τελικό προϊόν καθορίζεται βάσει των διεθνών προτύπων ποιότητας



Εικόνα 15: Πρέσες παραγωγής πέλλεττ

9) Αφυγραντήρας- Ψύξη

Τα πέλλετς που εξέρχονται από την πρέσα είναι πολύ μαλακά και ζεστά (70-90 °C) για να μπορούν να αποθηκευτούν και συσκευαστούν ως έχουν. Κατά συνέπεια αφήνονται να ψυχθούν στον αέρα μέσω **ταινίας μεταφοράς**, ώστε να σταθεροποιηθεί η λιγνίνη ως συγκολλητικό μέσο των ινών κυτταρίνης, καθώς επίσης να σταθεροποιηθεί το επίπεδο υγρασίας. Αυτό επιτυγχάνεται ,επίσης, μέσα σε ένα αφυγραντήρα. Στην παρακάτω φωτογραφία απεικονίζεται ένας αφυγραντήρας στον οποίο εισάγονται τα πέλλετ, ενώ υπάρχουν και δίοδοι εισόδου εξωτερικού αέρα ώστε να έχουμε πτώση της θερμοκρασίας των πέλλετ.



Εικόνα 16: Αφυγραντήρας, Buhler A.G.

10) Κόσκινο

Αφού ψυχθούν και αποκτήσουν την επιθυμητή σκληρότητα, τα πέλλετς διέρχονται από βιομηχανικά κόσκινα από όπου διαχωρίζονται από τις σκόνες και τα θρύμματα. Σημειώνεται ότι η παρουσία **θρυμμάτων** στο τελικό προϊόν, μπορεί να το θέσει εκτός προδιαγραφών και να δυσχεράνει την απορρόφησή του από την αγορά. Τα διαχωρισμένα θρύμματα χρησιμοποιούνται ως καύσιμο στο ξηραντήριο. Η ύπαρξη ενός ανεμιστήρα και του μαγνητικού φίλτρου είναι υπεύθυνα για την κατακράτηση της σκόνης.

11) Σιλό Αποθήκευσης

Μετά την έξοδο από τον αφυγραντή και το κόσκινο τα πέλλετς αποθηκεύονται σε σιλό, παρόμοια με αυτά που περιγράψαμε προηγουμένως. Τα πέλλετ είναι έτοιμα για να συσκευαστούν. Από τα σιλό έχουμε απευθείας τροφοδοσία στην μηχανή συσκευασίας.

12) Συσκευασία- Ζυγιστική Μηχανή

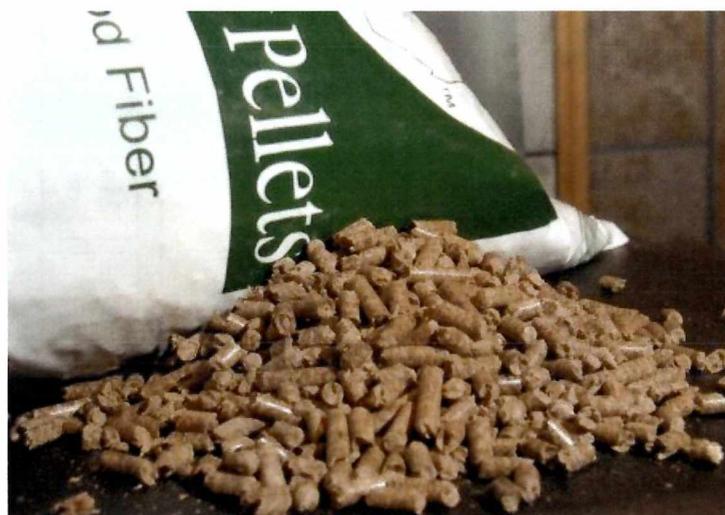
Καθώς τα πέλλετ αποτελούν υψηλής ποιότητας καύσιμο, οι συνθήκες αποθήκευσής του είναι απαραίτητο να εξασφαλίζουν τη διατήρηση της ποιότητάς του. Η αποθήκευσή του σε τυποποιημένες σακούλες σταθερού βάρους από όπου προστατεύονται από τις ακαθαρσίες του περιβάλλοντος και από την υγρασία είναι συνήθης πρακτική. Η χύδην αποθήκευση δεν είναι συνηθισμένη πρακτική, καθώς τα περισσότερα εργοστάσια διαθέτουν μηχανήματα συσκευασίας για την διασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος.



Εικόνα 17: Ζυγιστήριο, ενσάκιση

13) Τελικό προϊόν

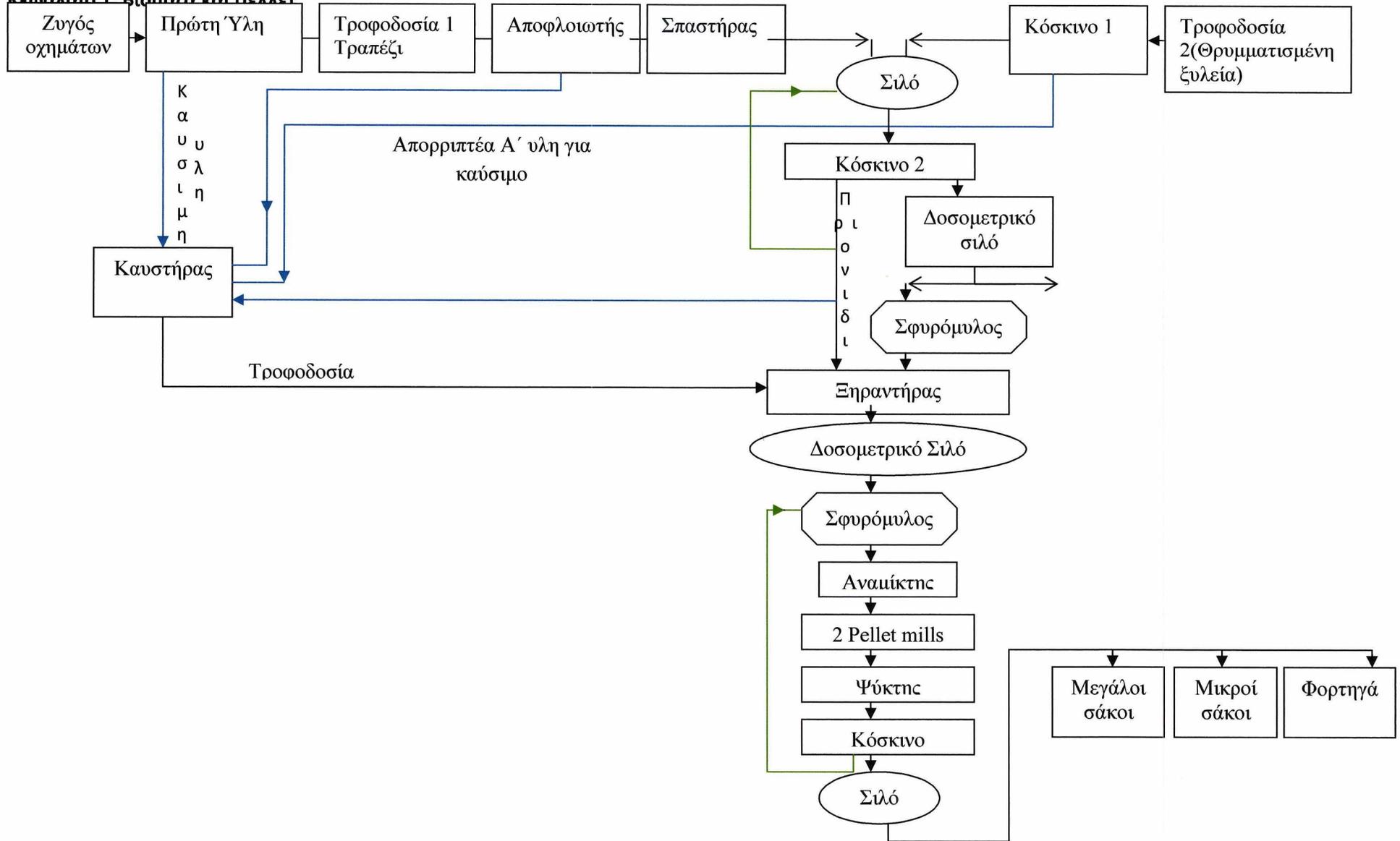
Το τελικό προϊόν είναι έτοιμο προς παράδοση και χρήση στους καταναλωτές που διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό για την καύση των πελλετ.



Εικόνα 18: Τελικό προϊόν¹²

¹² <http://www.mlive.com>

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ



Γράφημα 4: Διάγραμμα ροής τυπικής βιομηχανίας πέλλετ

1.5 Κόστος Θέρμανσης με διάφορες μορφές ενέργειας

Η συνεχής ανοδική τιμή του πετρελαίου και κατ' επέκταση του φυσικού αερίου, στρέφει τους καταναλωτές σε ανεύρεση λύσεων για οικονομική θέρμανση. Οι λέβητες πέλλετ και οι λέβητες ξύλου χρησιμοποιούνται από τους περισσότερους καταναλωτές ως πιο οικονομικές λύσεις σε σχέση με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Σε αυτήν την ενότητα θα κάνουμε μία σύγκριση του κόστους λειτουργίας μεταξύ του πετρελαίου, φυσικού αερίου, των πέλλετ και του ξύλου, χρησιμοποιώντας σταθερές συνθήκες.

Επιλέγουμε τυπικούς λέβητες-καυστήρες που χρησιμοποιούν τα ελληνικά νοικοκυριά, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες, συνυπολογίζοντας τις θερμικές απώλειες λόγω της παλαιότητας ή της έλλειψης μόνωσης στις σωληνώσεις (5%), καθώς και τις απώλειες προς τα καυσάερια (10%).

| | Λέβητας Πετρελαίου | Λέβητας Αέριου | Λέβητας Πέλλετ | Λέβητας Ξύλου |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Βαθμός Απόδοσης | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,7 |
| Τιμή μονάδος | 1,3 €/lt | 0,075 €/kwh | 0,35 €/kgr | 0,2 €/kgr |

Πίνακας 3: Βαθμός Απόδοσης, Τιμή μονάδος

Θερμογόνος Δύναμη

Μία σημαντική παράμετρος είναι η λεγόμενη θερμογόνος δύναμη. Είναι η θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση μιας συγκεκριμένη ποσότητας υλικού (κιλού για στερεού ή υγρού καύσιμου, κυβικού μέτρου για αέρια καύσιμα). Το πετρέλαιο έχει μεγάλη θερμογόνο δύναμη της τάξης των **42000 kJ/kg**, το φυσικό αέριο έχει **42000 kJ/kg**, τα πέλλετ έχουν **18720 kJ/kg**, και το ξύλο έχει **15120 kJ/kg**.

Εσωτερική θερμοκρασία δωματίου και ώρες λειτουργίας θέρμανσης.

Η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου λειτουργεί καταλυτικά όσον αφορά το κόστος θέρμανσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για την σύγκριση των μεθόδων θέρμανσης, θα έχουμε σταθερή θερμοκρασία **20 βαθμών Κελσίου**, και θεωρούμε ότι ο συνολικός χρόνος λειτουργίας της θέρμανσης είναι **1450 ώρες ετησίως**. Αυτό προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα που παρουσιάζει τις ώρες λειτουργίας του θέρμανσης ανά ημέρα, για κάθε μήνα.

| ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ | | |
|-----------------------------------|--------------|-------------|
| Ώρες λειτουργίας | Οκτωβρίου : | 2 |
| | Νοεμβρίου : | 4 |
| | Δεκεμβρίου : | 12 |
| | Ιανουαρίου : | 12 |
| | Φεβρουαρίου: | 12 |
| | Μαρτίου : | 4 |
| | Απριλίου : | 2 |
| ΩΡΕΣ / ΠΕΡΙΟΔΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ : | | 1446 |

Πίνακας 4: Ώρες λειτουργίας ανά ημέρα

| ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑ ΜΗΝΑ | | |
|--------------------------------|---------------|----|
| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ | Οκτωβρίου : | 15 |
| | Νοεμβρίου : | 12 |
| | Δεκεμβρίου : | 9 |
| | Ιανουαρίου : | 9 |
| | Φεβρουαρίου : | 8 |
| | Μαρτίου : | 7 |
| | Απριλίου : | 10 |

Πίνακας 5: Εξωτερική Θερμοκρασία ανά μήνα

Υπολογισμοί

Για του υπολογισμούς θεωρούμε λέβητες θερμικής ισχύος 20 KW.

Θα υπολογίσουμε το θερμικό φορτίο για κάθε μήνα, λόγω της διαφορετικής εξωτερικής θερμοκρασίας, έτσι ώστε να υπολογίσουμε το συνολικό τελικό θερμικό φορτίο που χρειαζόμαστε για να έχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία χώρου.

Ο τύπος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι ο εξής:

$$Q(\text{kwh}) = P_n * ((T_{in} - T_{out}) / T_{in}) * H_r * N \quad (1)$$

όπου

Q: συνολικό θερμικό φορτίου ανά μήνα

P_n: Θερμική Ισχύς Λέβητα

T_{in}: Εσωτερική επιθυμητή θερμοκρασία

Κεφάλαιο 1: Βιομάζα και Πέλλετ

Tout: Εξωτερική Θερμοκρασία

Hr: ώρες λειτουργίας

N: Σύνολο ημερών ανά μήνα

| ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΑΝΑ ΜΗΝΑ | | |
|-------------------------|------------------------|------------------|
| ΦΟΡΤΙΟ (Kwh) | Οκτωβρίου : | 310,00 |
| | Νοεμβρίου : | 992,00 |
| | Δεκεμβρίου : | 4092,00 |
| | Ιανουαρίου : | 4092,00 |
| | Φεβρουαρίου : | 4464,00 |
| | Μαρτίου : | 1612,00 |
| | Απριλίου : | 620,00 |
| | Συνολικό Φορτίο | 16.182,00 |

Πίνακας 6: Θερμικό φορτίο ανά μήνα

Το επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε την ποσότητα καυσίμου που χρειάζεται έτσι ώστε να καλυφθεί το απαιτητό συνολικό θερμικό φορτίο, ανάλογα το καύσιμο.

Γενικό Τύπος για όλα τα καυσίμα

$Q*3600*100/(Hu*BA)$ όπου

Hu: Θερμογόνος Δύναμη

BA: Βαθμός Απόδοσης Λέβητας

| | Λέβητας Πετρελαίου | Λέβητας Αερίου | Λέβητας Πέλλετ | Λέβητας Ξύλου |
|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Κατανάλωση | 1631,8 | 1631,8 | 3661,09 | 5504,08 |
| Μονάδα | Kg | m ³ | Kg | Kg |
| Μέτρησης | | | | |

Πίνακας 7: Κατανάλωση καυσίμου

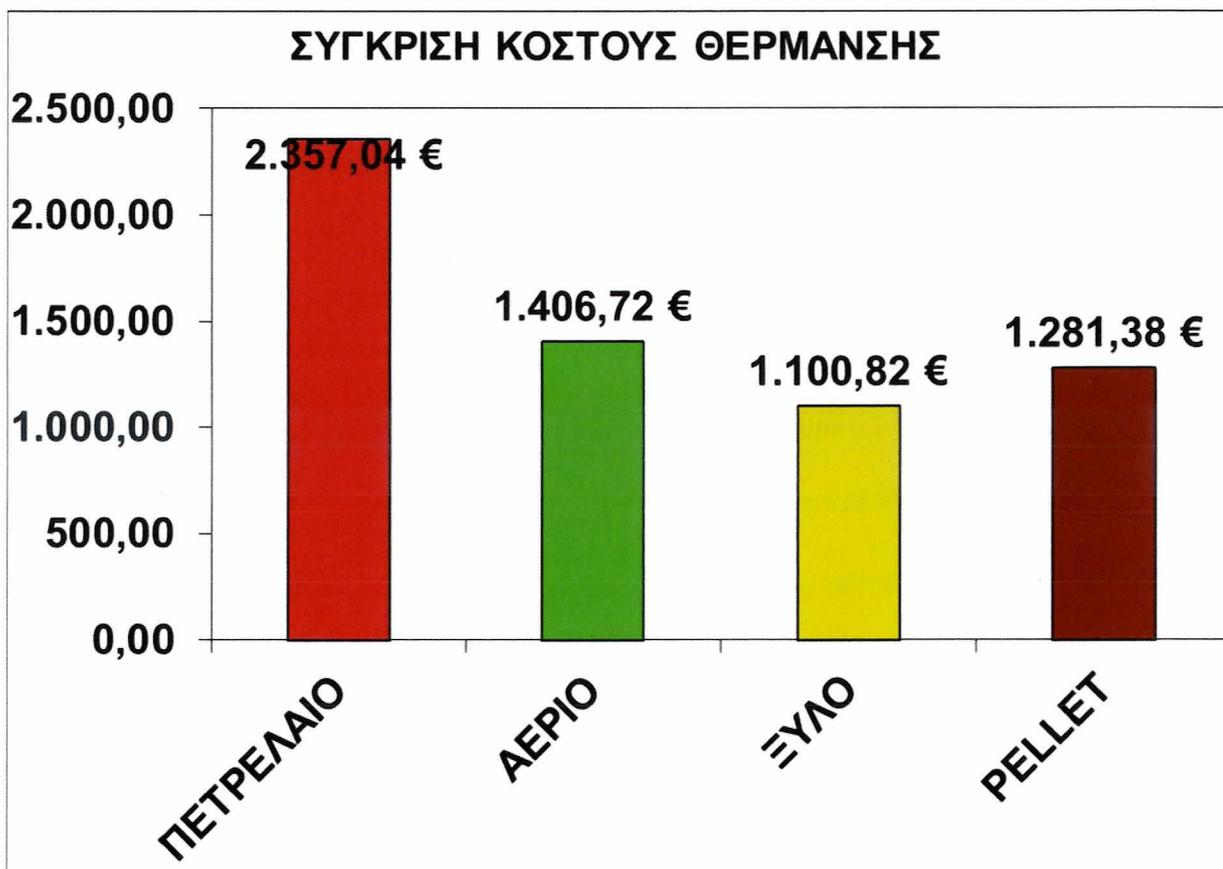
Στο τέλος υπολογίζουμε το συνολικό κόστος θέρμανσης βάση των τιμών του πίνακα 1

| Λέβητας Πετρελαίου | Λέβητας Αερίου | Λέβητας Πέλλετ | Λέβητας Ξύλου |
|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|

| | | | | |
|----------|----------|---------|---------|---------|
| Κόστος € | 2.357,04 | 1406,72 | 1281,38 | 1100,82 |
|----------|----------|---------|---------|---------|

Πίνακας 8: Κόστος θέρμανσης

Όλοι οι υπολογισμοί, έγιναν βάσει των ΤΟΤΕΕ (Τεχνικές Οδηγίες υπολογισμού ενεργειακής επάρκειας κτηρίων 1,3) του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.



Γράφημα 5: Κόστος Θέρμανσης

Παρατηρούμε ότι το κόστος θέρμανσης με χρήση πετρελαίου είναι σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα. Σε αυτό προστίθεται και οι αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και θείου. Το ξύλο και τα πέλλετ δεν έχουν μεγάλη διαφορά κόστους, ωστόσο θα ήταν πιο σοφό να συγκρίνουμε και την κατανάλωση σε kg, μιας και τα kg ξύλου που χρειαζόμαστε είναι αρκετά πιο πολλά, συμπεριλαμβανομένου του γεγονότος ότι είναι μέρος δασικής ξυλεία.

Σύνοψη κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο ασχοληθήκαμε με την έννοια της βιομάζας, τα υπέρ και τα κατά τις χρήσεις της, τα διάφορα είδη βιομάζας και βιοκαυσίμων όπου και έγινε η εισαγωγή και η περιγραφή των πέλλετ και των χαρακτηριστικών τους. Αναφερθήκαμε στις πρώτες ύλες των πέλλετ και τα ενεργειακά χαρακτηριστικά τους, ενώ αναφερθήκαμε και στις ενεργειακές καλλιέργειες τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την παραγωγή των πέλλετ. Έγινε μία μελέτη κόστους θέρμανσης στην οποία συγκρίναμε διάφορες μορφές ενέργειας με τα πέλλετ ώστε να έχουμε μία γενικότερη εικόνα σε πιο πρακτικά ζητήματα όπως αυτό της θέρμανσης ενός χώρου. Τέλος αναφερθήκαμε λεπτομερώς στην γραμμή παραγωγής και τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, από την εισαγωγή της πρώτης ύλης μέχρι το τελικό προϊόν. Στο επόμενο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε και με πιο τεχνικά θέματα, όπως είναι τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού ενώ θα γίνει και ανάλυση του κόστους κατασκευής ενός εργοστασίου.

2: Οικονομοτεχνική Μελέτη Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων

Στην παρούσα φάση της διπλωματικής θα γίνει μία ανάλυση τόσο τεχνική αλλά και οικονομική του εξοπλισμού που χρειάζεται ένα τυπικό εργοστάσιο παραγωγής pellets δυναμικότητας 8 τόνων ανά ώρα.

2.1 Τεμαχισμός Πρώτης Ύλης

Ο σπαστήρας είναι τύπου δίσκου και τροφοδοτείται με ξύλο από το σύστημα τροφοδοσίας. Η δυναμικότητα του θρυμματιστή είναι στους 100 τόνους θραύσματος ανά ώρα και έχει τη δυνατότητα να θρυμματίζει όλα τα είδη ξυλείας, (σκληρό, μαλακό, φλούδες, φλοιούς).

Τα παραγόμενα κομμάτια θρυμματισμού (chips), μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε απευθείας στην παραγωγική διαδικασία της γραμμής είτε για παραγωγή καύσιμου προϊόντος για το συγκρότημα των λεβήτων. Πρόκειται για κλειστή διάταξη που κατά τον θρυμματισμό δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα σκόνη ξύλου ή άλλο υποπροϊόν. Η προμήθεια του νέο σπαστήρα θα γίνει από τον ιταλικό οίκο GLOBUS s.r.l.



Εικόνα 19: Σπαστήρας, Globus S.L.R

Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

1. Δυναμικότητα: 100 t/h
2. Πλάτος σπαστήρα: 1050 mm
3. Ύψος σπαστήρα: 850 mm
4. Αριθμός μαχαιριών: 5
5. Ταχύτητα τυμπάνου: 297 rpm
6. Διάμετρος τυμπάνου: 2000 mm
7. Τάση δικτύου: 400 V – 50 Hz
8. Θεωρητικό μήκος θρυμμάτων: 30 mm
9. Βάρος: 50.000 kg
10. Ταχύτητα κινητήρα τροχαλίας: 1000 rpm

2.2 Ξηραντήριο

Από την ίδια εταιρία διαλέγουμε ξηραντήρα περιστρεφόμενου τυμπάνου που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 20: Ξηραντήρας, (Drum Drier), Globus S.L.R.

Η ξήρανση επιτυγχάνεται σε οριζόντιο περιστρεφόμενο τύμπανο με εμφύσηση θερμού αέρα κατ' ομορροή της τάξεως των 500°C και από την επαφή του υλικού με τις μεταλλικές πλάκες. Ο θερμός αέρας εισέρχεται απευθείας από το συγκρότημα καύσης βιομάζας, αποτελώντας κατά αυτό τον τρόπο ένα κλειστό κύκλωμα.

Το τύμπανο εσωτερικά διαιρείται σε επιμέρους τμήματα με αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγικότητα κατά την διαδικασία της εξατίσεως. Στο πρώτο στάδιο, η απότομη επαφή θερμού αέρα και ξυλοτεμαχιδίων προκαλεί μια πτώση θερμοκρασίας της τάξεως των 150 -

180° C. Έπειτα, με αργό και προοδευτικό τρόπο ξηραίνεται το υλικό ενώ στην έξοδο του τυμπάνου επιτυγχάνεται μια θερμοκρασία της τάξεως των 80° C.

Ο εξοπλισμός του συγκροτήματος ξήρανσης είναι ο εξής:

1. Περιστροφικό τύμπανο

Το τύμπανο περιστρέφεται μέσω τεσσάρων μηχανικών κυλίνδρων που βρίσκονται στις δυο άκρες του. Η ταχύτητα περιστροφής είναι ρυθμιζόμενη μέσω μετατροπέα συχνότητας 3-6/λεπτό. Το τύμπανο είναι μονωμένο με ορυκτοβάμβακα και επικάλυψη λαμαρίνας αλουμινίου.

2. Κυκλώνες

Οι κυκλώνες διαχωρισμού, είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα συστήματα καθαρισμού αερίων παγκοσμίως.

Ο πολυκυκλώνας αποτελείται από δυο κυκλώνια σε παράλληλη σειρά, διαμέτρου 2,5 m το καθένα και ύψος 7,5 m. Κατά αυτόν τον τρόπο έχουμε τον διαχωρισμό μεταξύ στάχτης και αέρος προτού εισέρθουν στο περιστροφικό τύμπανο. Κατά την έξοδο του ξηραντήρα τα καυσαέρια εισέρχονται στην αρχή σε κυκλώνα διαμέτρου 3 m με ποσότητα αέρος 60.000 m³/h και διαμέσου της φυγοκεντρικής δύναμης τα μεν αέρια φεύγουν από την επάνω πλευρά του κυκλώνα, ενώ τα σωματίδια οδηγούνται στο κάτω μέρος, όπου με τη βοήθεια μιας ροταρικής βαλβίδας διαμέτρου 600 mm επιτυγχάνεται η εκφόρτωση.

3. Φίλτρο

Τα καυσαέρια οδηγούνται σε φίλτρο με διαστάσεις 10,5x2,4x8 (Μήκος X Πλάτος X Ύψος) και επιφάνεια 635m² για τον επιπλέον καθαρισμό τους. Τα φίλτρα είναι η τεχνική λύση η οποία δίνει το καλύτερο βαθμό καθαρισμού των καυσαερίων (<75 mg/m³) σε σύγκριση με τους κυκλώνες, ειδικά σε λειτουργία με σωματίδια πολύ μικρής κοκκομετρικής διαβάθμισης.

4. Ανεμιστήρας

Ο ανεμιστήρας είναι εξοπλισμένος με ρότορα αποδοτικότητας της τάξεως των 80%.

5. Κοχλία τροφοδοσίας

Βρίσκεται στην είσοδο του τυμπάνου με σκοπό την ομαλή τροφοδοσία του ξηραντήρα.

6. Δίκτυο αγωγών

Κεφάλαιο 2: Οικονομικοτεχνική Μελέτη Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων

Το δίκτυο αγωγών περιλαμβάνει ευθύγραμμους αγωγούς και ειδικά τεμάχια (ή ισοδύναμης ορθογωνικής διατομής). Τα δίκτυα αγωγών καυσαερίων, θα μονωθούν με μόνωση βιομηχανικού τύπου και εξωτερική επένδυση από λαμαρίνα αλουμινίου.

7. Καμινάδα

Η καμινάδα έχει ύψος 15 μ

8. Πυρασφάλεια

Σύστημα ανίχνευσης και εξάλειψης πιθανής φλόγας περά του βασικού μηχανικού εξοπλισμού πυρασφάλειας που προβλέπεται από της αρμόδιες αρχές. Σύστημα κατάσβεσης σε τρία καίρια σημεία α) εσωτερικά του τυμπάνου β) εξωτερικά του τυμπάνου γ) στο δοχείο εκφόρτωσης.

2.3 Σιλό Αποθήκευσης

Το θρυμματισμένο υλικό θα πηγαίνει σε ένα δοσομετρικό σιλό, ώστε να υπάρχει ένα buffer zone για διασφάλιση ομαλής ροής υλικού.

Το σιλό θα είναι των κάτωθι τεχνικών χαρακτηριστικών:

1. Μήκος κοχλία: 5000 mm περίπου,
2. Αριθμός κοχλιών: 2,
3. Εξαγωγή: Μέσω μετατροπέα συχνότητας,
4. Δυναμικότητα: 15 t/h.



Εικόνα 21: Σιλό (Silo-Container), Andritz Sprout

2.4 Σφυρόμυλος

Η δυναμικότητα του σφυρομύλου είναι στους 8 τόνους θραύσματος ανά ώρα. Ο σφυρόμυλος θρυμματίζει το προϊόν στο επιθυμητό μέγεθος της τάξεως των 1,8-2,2 mm, κατάλληλο για τη διαδικασία κυβοποίησης.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του σφυρόμυλου είναι τα ακόλουθα

1. Δυναμικότητα: 8 t/h,
2. Διαστάσεις σφυρόμυλου: Μήκος 2.430 x Πλάτος 1.468 x Ύψος 2.254mm,
3. Τάση δικτύου: 380-420 V – 50 Hz,
4. Θεωρητικό μήκος θρυμμάτων: 1,8 - 2,2 mm,
5. Βάρος: 2500 kg.

2.5 Μηχανή Παραγωγής (Πρέσες)

Αυτό είναι ίσως το σημαντικότερο κομμάτι της γραμμής παραγωγής, άρα θα πρέπει να δώσουμε βάρος σε αυτήν την επιλογή μας. Η ποιότητα του τελικού προϊόντος εξαρτάται κατά πολύ από την μηχανή παραγωγής. Εμείς διαλέξαμε από την εταιρεία Andritz το μοντέλο Pelleting Machine 30 (PM 30).



Εικόνα 22: Πρέσα παραγωγής πέλλετ (Pelleting Machine 30), Andritz

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Δοχείο τροφοδοσίας, τύπου Sprout Matador, χωρητικότητας 1,5 m³. Φτιαγμένο από ανοξείδωτο χάλυβα St. 37, με αρνητική κλίση στα τοιχώματα, θύρα άμεσης εκκένωσης και έλεγχο στάθμης,
- Πλαίσιο στήριξης για το δοχείο,
- Κοχλίας τροφοδοσίας τύπου Sprout Matador DS 250. Φτιαγμένος από ανοξείδωτο ατσάλι. Κινητήρα 2,2 KW ρυθμιζόμενης συχνότητας, με ξεχωριστό ανεμιστήρα ψύξης. Με μετατροπέα συχνότητας ενσωματωμένο στον πίνακα ελέγχου.
- Δοχείο ανάδευσης, τύπου Sprout Matador PM 30, χωρητικότητας 750 lt. Με ανοξείδωτη σκάφη, με θύρα – καταπακτή καθαρισμού σε όλο το μήκος με διακόπτη λειτουργίας. Πολλαπλή ατμού με 9 ρυθμιστικές στρόφιγγες για την είσοδο του ατμού. Άξονας ανάμειξης από μαλακό χάλυβα και ρυθμιζόμενα φτερά. Πίνακας ελέγχου, μονάδα ιμάντα λειτουργίας με έλεγχο ταχύτητας, κινητήρας 11 kW, 750 rpm, καθώς και αισθητήρας Pt 100 για την καταγραφή της θερμοκρασίας της πρώτης ύλης στην είσοδο.
- Πρέσα τύπου Sprout Matador PM 30 – 3, ειδικά σχεδιασμένη για Pelleting βιομάζας. Με κιβώτιο ταχυτήτων, τροχό μετάδοσης ειδικής σκλήρυνσης και σύστημα λίπανσης με φίλτρο. Μανόμετρο λαδιού που διακόπτει τη λειτουργία του κινητήρα σε πιθανή έλλειψη πίεσης του λαδιού. Ψυγείο λαδιού. Πλαίσιο για το μύλο και τον κινητήρα με απόσβεση κραδασμών στη

βάση από καουτσούκ. Πλήρης μονάδα ιμάντα με οθόνη. Ανοξείδωτες προστατευτικές πλάκες στο θάλαμο της πρέσας και στο κιβώτιο ταχυτήτων. Γερανός για την τοποθέτηση και την αφαίρεση των κυλίνδρων και του καλουπιού της πρέσας.

- Διπλοί κοχλίες εισόδου σε ανοξείδωτο δοχείο. Ηλεκτρικό δοχείο MRM 30 για τη μεταφορά του θαλάμου της πρέσας, με έλεγχο ταχύτητας. Μοτέρ 2,2 kW για την τρόμπα λαδιού, 2,2 kW για τους κοχλίες και 0,12 kW για τη μεταφορά του θαλάμου με ιμάντες. Αισθητήρας θερμοκρασίας Pt 100 για τον έλεγχο της θερμοκρασίας των ρουλεμάν, καθώς και αισθητήρας για τον έλεγχο της πίεσης. Μετατροπέας συχνότητας ενσωματωμένος στον πίνακα ελέγχου.

- Καλούπι πρέσας P45, $\varnothing 8 \times 100$ από χρωμομένο χάλυβα.

- Δύο πλήρεις κύλινδροι συμπίεσης με διάτρητο κέλυφος $\varnothing 8$.

- Κύριο μοτέρ **250 kW, 1500 rpm**.

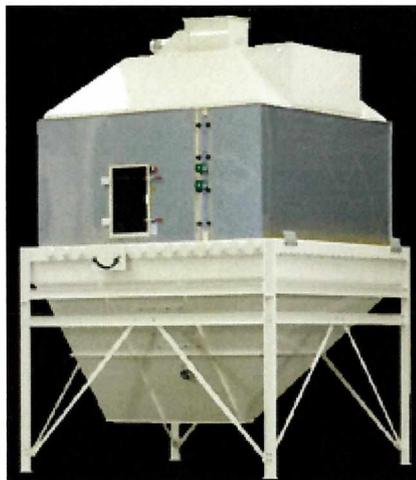
- Αυτόματο σύστημα λίπανσης γράσου για τους δύο μύλους.

2.6 Αφυγραντήρας – Ψύξη

Στο μηχανισμό ψύξης επιτυγχάνεται μια θερμοκρασία εξόδου για το τελικό προϊόν περίπου 5-10°C. Επίσης υπάρχει φίλτρο ώστε να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός της σκόνης.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μηχανής ψύξης-αφύγρανσης είναι τα ακόλουθα:

1. Επιφάνεια ψύξης: 4,8m²
2. Ρυθμιζόμενη ταχύτητα εκφόρτωσης μέσω βαλβίδα πίεσεως
3. Ελάχιστη ζητούμενη πίεση αέρος: 8 Bar
4. Προστασία έναντι φωτιάς μέσω θερμοστάτη
5. Δυο σένσορες τύπου KD-2050-ABOA



Εικόνα 23: Ψύκτης- Αφυγραντήρας, Andritz

2.7 Κυκλώνας

Για το διαχωρισμό τυχόν σκόνης που παρασύρεται κατά τη λειτουργία του ψύκτη θα τοποθετηθεί κυκλώνας των κάτωθι τεχνικών χαρακτηριστικών:

Παροχή αέρα: 14.000 – 18.000 m³/hr

Διάμετρος: 1.500 mm

Πίεση: 300 - 1200 mm

2.8 Φίλτρο

Η κάθαρση της σκόνης όπως συμβαίνει στις περισσότερες παρόμοιες περιπτώσεις επιτυγχάνεται μέσω των κυκλώνων. Παρόλα αυτά, για την διασφάλιση μέγιστων αποτελεσμάτων, στην έξοδο των κυκλώνων από το σφυρόμυλο και τον ψύκτη θα συνδεθεί σακόφίλτρο. Η σκόνη συλλέγεται σε ένα φίλτρο τύπου σάκου, από όπου μεταφέρεται πνευματικά μέσω κλειστού συστήματος στην γραμμή κυβοποίησης για να γίνει ξύλινα συσσωματώματα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

1. Ποσότητα αέρα: 25.500 m²/h,
2. Πίεση: 300 – 1200 Pa,
3. Επιφάνεια σάκων φίλτρων: 100m¹,
4. Εκπομπές: 75mg/m³.

Ο ανεμιστήρας που συνοδεύει το φίλτρο είναι των κάτωθι τεχνικών χαρακτηριστικών:

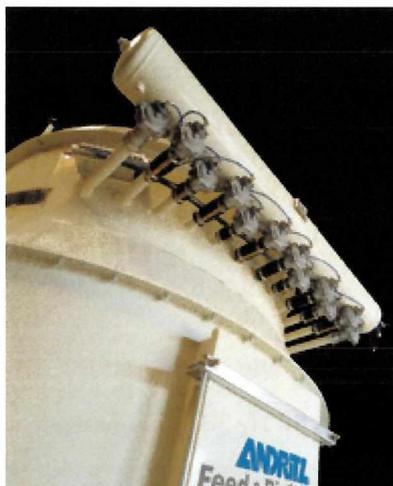
Παροχή: 28.000 m³/h,

Στατική πίεση: 1.500 Pa.

2.9 Κόσκινο

Παλινδρομικό κόσκινο για την απομάκρυνση της σκόνης από το προϊόν και δίκτυο επιστροφή της στο τμήμα του αναμίκτη.

1. Επιφάνεια κοσκινίσματος: 2.20 m²,
2. Ξύλινη κατασκευή με συρμάτινο δίκτυο.



Εικόνα 24: EFF, Air Filter, Andritz

2.10 Συσκευαστήριο

Το τελευταίο μέρος της γραμμής παραγωγής είναι το συσκευαστήριο. Εκεί το προϊόν μας συσκευάζεται και είναι έτοιμο για του καταναλωτές. Ένα τυπικό συσκευαστήριο ανάλογο της παραγωγικής δυναμικότητας του εργοστασίου που περιγράφουμε είναι το παρακάτω της εταιρίας OMS.



Εικόνα 25: Συσκευαστήριο OMS-IS43¹³

¹³ <http://www.oms-international-packaging.de/>

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Τύπος φιλμ: Φιλμ σε μορφή σωλήνα τυλιγμένο σε ρολό,
- Πάχος φιλμ: 80-140 micron,
- Διάμετρος ρόλου [mm]: 700,
- Απόδοση: 25 ~ 100 παλέτες / ώρα,
- Μέγιστο βάρος ρόλου [kg]: 300,
- Πίεση πεπιεσμένου αέρα [Bar]: 6,
- Κατανάλωση πεπιεσμένου αέρα [NL]: 500,
- Τάση λειτουργίας: 400 V-τριφασικό 50 Hz 3 kW, ουδέτερο.

Σε πολλά σημεία της εγκατάστασης χρησιμοποιούνται ταινίες μεταφοράς των υλικών από τη μία διεργασία στην άλλη, η ακόμα και ράουλα μεταφοράς. Συγκεκριμένα:

2.11 Ραουλιέρα διαχωρισμού υλικού

Το υλικό θα τροφοδοτείται σε δισκοδιαχωριστή των κάτωθι τεχνικών χαρακτηριστικών:

Τύπος: U, ανοικτή,

Μήκος: 2.5 m,

Πλάτος πλαισίου: 1.100 mm.

2.12 Ταινία μεταφοράς μεγάλων τεμαχίων

Για την μεταφορά των υπερμεγέθι τεμαχίων στην έξοδο της ραουλιέρας διαχωρισμού θα τοποθετηθεί ελαστική ταινία των κάτωθι τεχνικών χαρακτηριστικών:

Τύπος: U,

Μήκος: 6 m περίπου.

2.13 Κεκλιμένη ταινία μεταφοράς

Για την μεταφορά των υποπροϊόντων θα τοποθετηθεί ελαστική ταινία των κάτωθι τεχνικών χαρακτηριστικών:

Τύπος: U,

Μήκος: 16 m περίπου,

Πλάτος: 1.150 mm.

Κεφάλαιο 2: Οικονομικοτεχνική Μελέτη Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων

| α/α | ΕΙΔΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ | ΚΙΝΗΤΗΡΙΑ ΙΣΧΥΣ | | ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ |
|-----|---|-----------------|----------|---------------|
| | | KW | HP | Gcal/h |
| 1 | Τροφοδοσία 1 (τραπέζι) | 48 | 64 | |
| 2 | Διαχωριστής | 14 | 19 | |
| 3 | Σπαστήρας | 854 | 1144 | |
| 4 | Τροφοδοσία 2 | 58 | 78 | |
| 5 | Ταινιομεταφορείς - Αλυσομεταφορείς (Transmec) | 580 | 777 | |
| 6 | Κόσκινο 1 (Screener) | 13 | 17 | |
| 7 | Σιλό | 3 x 84 | 3 x 112 | |
| 8 | Κόσκινο 2 (Screener) | 18 | 24 | |
| 9 | Δοσομετρικό σιλό | 42 | 56 | |
| 10 | Σφυρόμυλος (hammer mill 1) | 415 | 556 | |
| 11 | Ανεμιστήρας | 22 | 29 | |
| 12 | Κυκλώνας | 1 | 1 | |
| 13 | Συγκρότημα καύσης βιομάζας με σύστημα τροφοδοσίας | 108 | 144 | 6,02 |
| 14 | Σύστημα τροφοδοσίας ξηραντήρα | 18 | 24 | |
| 15 | Ξηραντήρας | 284 | 380 | |
| 16 | Σφυρόμυλος (hammer mill 2) | 280 | 375 | |
| 17 | Ανεμιστήρας | 22 | 29 | |
| 18 | Κυκλώνας | 1,8 | 2 | |
| 19 | Δοσομετρικό σιλό | 10 | 13 | |
| 20 | Ταινιομεταφορείς – Αλυσομεταφορείς | 48 | 64 | |
| 21 | Αναμίκτης | 2 X 40 | 2 X 53.8 | |
| 22 | Μηχανές κυβοποίησης | 2 X 300 | 2 X 402 | |
| 23 | Ψύκτης- Αφυγραντήρας | 4 | 5,6 | |
| 24 | Ανεμιστήρας | 30 | 40 | |
| 25 | Κυκλώνας | 1,8 | 2 | |
| 26 | Φίλτρο | 1 | 1 | |
| 27 | Ανεμιστήρας φίλτρου | 28 | 38 | |
| 28 | Ταινιομεταφορείς – Αλυσομεταφορείς | 104 | 139 | |
| 29 | Κόσκινο | 10 | 13 | |
| 30 | Μικρών σάκων | 18,5 | 25 | |

Κεφάλαιο 2: Οικονομικοτεχνική Μελέτη Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων

| | | | | |
|----|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 31 | Μεγάλων σάκων | 13,2 | 18 | |
| 32 | Παλετοποίηση | 13 | 17 | |
| 33 | Συσκευαστικό | 8 | 11 | |
| 34 | Ταινιομεταφορείς – Αλυσομεταφορείς | 18 | 24 | |
| 35 | Σιλό | 40 | 54 | |
| 36 | Αντλιοστάσιο | 80 | 107 | |
| 37 | Συγκρότημα θέρμανσης | 84 | 113 | 2,00 |
| | ΣΥΝΟΛΟ | 4.301,80 | 5.764,41 | 8,00 |

Πίνακας 9: Αναλυτικός Πίνακας κινητήριας και θερμικής Ισχύος των μηχανημάτων μονάδας παραγωγής pellets

| A/A | ΕΙΔΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ | ΚΙΝΗΤΗΡΙΑ ΙΣΧΥΣ HP | ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Gcal/h | Π/Υ (€) |
|-----|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| 1 | Τροφοδοσία 1 (τραπέζι) | 64 | | 315.000,00 € |
| 2 | Διαχωριστής | 19 | | 161.000,00 € |
| 3 | Σπαστήρας | 1144 | | 624.000,00 € |
| 4 | Τροφοδοσία 2 | 78 | | 515.000,00 € |
| 5 | Ταινιομεταφορείς - Αλυσομεταφορείς | 777 | | 750.000,00 € |
| 6 | Κόσκινο | 17 | | 265.000,00 € |
| 7 | Σιλό | 3 x 112 | | 875.000,00 € |
| 8 | Κόσκινο | 24 | | 163.000,00 € |
| 9 | Δοσομετρικό σιλό | 56 | | 81.000,00 € |
| 10 | Σύστημα βαφής ξυλοτεμαχιδίων | 107 | | 896.500,00 € |
| 11 | Ενσακκιστική μικρών σάκων | 25 | | 97.000,00 € |
| 12 | Ενσακκιστική μεγάλων σάκων | 18 | | 135.000,00 € |
| 13 | Παλετοποίηση | 17 | | 160.000,00 € |
| 14 | Συσκευαστικό | 11 | | 174.500,00 € |
| 15 | Ταινιομεταφορείς Αλυσομεταφορείς | 24 | | 635.400,00 € |
| 16 | Σύστημα Σφυρόμυλου (hammer mill 1) | 556 | | 770.400,00 € |
| 17 | Ανεμιστήρας | 29 | | 12.000,00 € |
| 18 | Κυκλώνας | 1 | | 95.000,00 € |

Κεφάλαιο 2: Οικονομικοτεχνική Μελέτη Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων

| | | | | |
|----|---|----------|---|--------------------|
| 19 | Συγκρότημα καύσης βιομάζας με σύστημα τροφοδοσίας | 144 | | 2.375.000,00 € |
| 20 | Λεβητοστάσιο νερού | 113 | | 210.000,00 € |
| 21 | Σύστημα τροφοδοσίας ξηραντήρα | 24 | | 405.000,00 € |
| 22 | Ξηραντήρας | 380 | 6 | 2.107.500,00 € |
| 23 | Σύστημα Σφυρόμυλου (hammer mill 2) | 375 | | 285.000,00 € |
| 24 | Ανεμιστήρας | 29 | | 9.000,00 € |
| 25 | Κυκλώνας | 2 | | 14.000,00 € |
| 26 | Δοσομετρικό σιλό | 13 | | 19.000,00 € |
| 27 | Ταινιομεταφορείς Αλυσομεταφορείς | 64 | | 195.000,00 € |
| 28 | Αναμίκτης | 2 X 53.8 | | 380.000,00 € |
| 29 | Μηχανές κυβοποιήσεως (πρέσες) | 2 X 402 | | 510.000,00 € |
| 30 | Ψύκτης | 5,6 | | 90.000,00 € |
| 31 | Ανεμιστήρας | 40 | | 11.000,00 € |
| 32 | Κυκλώνας | 2 | | 14.000,00 € |
| 33 | Φίλτρο | 1 | | 77.000,00 € |
| 34 | Ανεμιστήρας φίλτρου | 38 | | 8.000,00 € |
| 35 | Ταινιομεταφορείς Αλυσομεταφορείς | 139 | | 90.000,00 € |
| 36 | Κόσκινο | 13 | | 35.000,00 € |
| 37 | Σιλό | 54 | | 99.000,00 € |
| 38 | Αντλιοστάσιο | 107 | | 11.000,00 € |
| | ΣΥΝΟΛΟ | 5.764,41 | 6 | 13.669.300,00 € |

Πίνακας 10: Αναλυτικός προϋπολογισμός ολοκληρωμένης μονάδας παραγωγής pellets

Ανάλυση του Πίνακα 10

Ο πίνακας 10 έχει τον αναλυτικό προϋπολογισμό μιας σύγχρονης και ολοκληρωμένης μονάδας παραγωγής πέλλετ. Παρατηρούμε ότι, τα κύρια μηχανήματα της παραγωγικής διαδικασίας των πέλλετ είναι αυτά που ανεβάζουν παρά πολύ το κόστος της εγκατάστασης. Ο σπαστήρας, οι πρέσες, ο ξηραντήρας, αποτελούν τα πιο ακριβά σημεία της εγκατάστασης, και όπως είναι λογικό δεν μπορεί να παραληφθεί τίποτα από τα παραπάνω. Εξίσου ακριβό και σημαντικό είναι το συγκρότημα καύσης της βιομάζας και το σύστημα μετάδοσης της

θερμότητας στο ξηραντήριο, στο οποίο γίνεται η μείωση της υγρασίας της πρώτης ύλης, κάτι που είναι απαραίτητο για να θεωρηθεί αξιόλογο το τελικό προϊόν. Ο εξοπλισμός των 2 θερμικών διεργασιών της παραγωγικής διαδικασίας κοστίζει περί τα 4.482.000,00 € δηλαδή το 32% της επένδυσης.

Παρατηρούμε επίσης της ύπαρξη στον παραπάνω πίνακα 2 μηχανές τεμαχισμού (σφυρόμυλος) και ένα σπαστήρα. Ο σπαστήρας είναι μία απαραίτητη μηχανή για τον αρχικό τεμαχισμό της πρώτης ύλης στο όποιο υπάρχουν τεμάχια μεγάλων διαστάσεων, καθώς και υλικά τα οποία πρέπει να απορριφτούν (πχ μέταλλα). Ο σφυρόμυλος είναι εξίσου σημαντικός για την παραγωγική διαδικασία, καθώς τεμαχίζει την πρώτη ύλη στην επιθυμητή διάσταση για την εισαγωγή της στην πρέσα. Αναλόγως το στήσιμο της γραμμής παραγωγής και τη δυναμικότητα της μονάδας μπορούμε αντί για 2 μηχανές τεμαχισμού να χρησιμοποιήσουμε μόλις μία. Το ίδιο ισχύει για το μέγεθος και τον αριθμό των σιλό, καθώς και για τις ταινίες μεταφοράς όπου προσαρμόζονται ανάλογα το μέγεθος της μονάδας. Οι πρέσες καθορίζουν την ποιότητα του υλικού (αντοχή, συνοχή, πυκνότητα), γεγονός που μας ωθεί να μην κάνουμε εκπτώσεις στην επιλογή μας.

Η παραπάνω μονάδα είναι δυναμικότητας 8 τόνων/ώρα. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης είναι 13.669.300 €. Αν αναλύσουμε τα ποσά θα υπολογίσουμε πόσους τόνους πρέπει να παραχθούν από την μονάδα ώστε να γίνει η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου. Το 1 κιλό/ ώρα πέλλετ παράγεται, με μία απλή αναλογική σκέψη, με περίπου 1708,70 € επένδυσης. Ένας τόνος πέλλετ πουλιέται περί τα 260 € (05/2013), άρα το κιλό κοστίζει περίπου 0,26 €. Διαιρώντας βρίσκουμε ότι η επένδυση θα αποσβεσθεί όταν θα πουλήσει περίπου 52574,230 τόνους πέλλετ.

Σύνοψη Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε μια τεχνική περιγραφή των μηχανημάτων της γραμμής παραγωγής. Επισημάνθηκαν τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά τους καθώς έγινε και μία περιγραφή του τρόπου λειτουργίας τους. Αναφέρθηκε λεπτομερώς το κόστος κάθε μηχανήματος, και έγινε σχολιασμός του συνολικού κόστους εγκατάστασης και πως θα μπορούσαμε να μειώσουμε το κόστος αυτής, χωρίς να μειώσουμε την ποιότητα. Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλύσουμε πώς θα βρούμε την βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση της μονάδας που περιγράφουμε στα μέχρι τώρα κεφάλαια, βάση της διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΛΛΕΤ

3.1 Παρουσίαση προβλήματος

Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία της παραγωγικής διαδικασίας των πέλλετ είναι η προμήθεια των πρώτων υλών. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι βιομηχανίες παραγωγής πέλλετ δεν μπορούν χρησιμοποιήσουν δασική ξυλεία παρά μόνο υπολείμματα ξυλείας από τις βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν τα απαιτούμενα ποσά πρώτων υλών σε τοπικό επίπεδο (π.χ ανά νομό ή περιφέρεια) καθώς, βάση νομοθεσίας, κάθε νομός μπορεί να εκμεταλλευτεί συγκεκριμένα ποσά δασικής ξυλείας κάθε χρόνο. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να γίνει σωστή έρευνα για την προμήθεια πρώτων υλών σε πανελλαδικό επίπεδο. Επομένως υπάρχει η ανάγκη για την μείωση του κόστους μεταφοράς των πρώτων υλών, έτσι ώστε στο τελικό προϊόν να υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο κέρδους. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με την σωστή επιλογή της τοποθεσίας του εργοστασίου, έχοντας ως δεδομένο τα ποσά πρώτης ύλης ανά νομό, τόσο για τα υπολείμματα ξυλείας όσο και για τις καλλιέργειες. Στην ουσία θα ψάξουμε την βέλτιστη θέση για το εργοστάσιο μας, ώστε να ελαχιστοποιήσουμε τις αποστάσεις από τα σημεία προμήθειας της πρώτης ύλης, καθώς η απόσταση μεταφράζεται σε κόστος μεταφοράς.

3.2 Σύγκριση των πρώτων υλών

Η κύρια πρώτη ύλη είναι το ξύλο καθώς τα wood pellets είναι ενεργειακά πιο πλούσια από τα agro pellets, τα οποία, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, έχουν ως κύρια πρώτη ύλη τα λεγόμενα ενεργειακά φυτά (ενεργειακές καλλιέργειες) όπως είναι η αγριαγκινάρα, ο μίσχανθος, το πυρηνόξυλο, η ελαιοκράμβη και ο ηλιάνθος. Όμως η αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών για τα πέλλετ, οδηγεί τις βιομηχανίες των πέλλετ στη χρησιμοποίηση και των ενεργειακών φυτών, λόγω έλλειψης πρώτων υλών.

Σε αυτό το σημείο θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μία σύγκριση του ξύλου και των ενεργειακών φυτών, βάση των ενεργειακών χαρακτηριστικών τους. Αυτό θα το κάνουμε έτσι για να μπορέσουμε να εκφράσουμε όλες τις μορφές πρώτης ύλης σε μία, ώστε να λύσουμε το πρόβλημα που προκύπτει παραπάνω (χωροθέτηση εργοστασίου για την μείωση του κόστους μεταφοράς των πρώτων υλών). Αυτό που θα χρησιμοποιήσουμε ως μέτρο σύγκρισης θα είναι η θερμογόνος δύναμη κάθε πρώτης ύλης. Η θερμογόνος δύναμη, όπως έχουμε πει, είναι το ποσό θερμότητας που μπορεί να δώσει ένα υλικό κατά την καύση του. Παρακάτω

παρουσιάζεται ένας πίνακας με τη θερμογόνο δύναμη του ξύλου και των ενεργειακών φυτών που καλλιεργούνται στην Ελλάδα και αποτελούν πρώτη ύλη για πέλλετ.

| Πρώτη Ύλη | Θερμογόνος Δύναμη | Μονάδα Μέτρησης |
|--------------|-------------------|-----------------|
| Ξύλο | 5000 | Kcal/kg |
| Αγριαγκινάρα | 3470 | Kcal/kg |
| Μίσχανθος | 4120 | Kcal/kg |
| Ηλίανθος | 3500 | Kcal/kg |
| Πυρηνόξυλο | 3500 | Kcal/kg |
| Ελαιοκράμβη | 4400 | Kcal/kg |

Πίνακας 11: Θερμογόνος δύναμη πρώτων υλών

Παρατηρούμε ότι το ξύλο είναι ενεργειακά πιο πλούσιο, και θα κάνουμε την αναγωγή ως προς το ξύλο. Διαιρώντας την θερμογόνο δύναμη κάθε ύλης με αυτήν του ξύλου θα έχουμε τα εξής.

| Πρώτη Ύλη | Ποσοστό ως προς το ξύλο. |
|--------------|--------------------------|
| Αγριαγκινάρα | $3470/5000= 0,695$ |
| Μίσχανθος | $4120/5000= 0,824$ |
| Ηλίανθος | $3500/5000= 0,700$ |
| Πυρηνόξυλο | $3500/5000= 0,700$ |
| Ελαιοκράμβη | $4400/5000= 0,88$ |

Πίνακας 112: Πίνακας πρώτων υλών, αναγωγή ως προς ξύλο

3.3 Πρώτες ύλες στην Ηπειρωτική Ελλάδα.

Στην προηγούμενη υποενότητα συγκρίναμε τις πρώτες ύλες τις οποίες χρησιμοποιούμε για την παραγωγή των πέλλετ, ως προς τα ενεργειακά τους χαρακτηριστικά. Σε αυτήν την ενότητα βρήκαμε τις διαθέσιμες πρώτες ύλες ανά νομό και ανά είδος, χωρίς να συμπεριλαμβάνουμε την νησιωτική Ελλάδα, λόγω του μεγάλου κόστους μεταφοράς, καθώς και των περιορισμένων διαθέσιμων πόρων. Παρακάτω αναφέρουμε συγκεντρωτικούς πίνακες, τόσο για τα υπολείμματα ξυλείας, όσο και για τις ενεργειακές καλλιέργειες, ανά νομό.

| Νομός | Υπολείμματα ξυλείας (tn) |
|------------------|--------------------------|
| Αιτωλοακαρνανίας | 2.475,00 |

Κεφάλαιο 3: Πρόβλημα Χωροθέτησης μίας Βιομηχανίας Παραγωγής Πέλλετ

| | |
|---------------|-----------------|
| Βοιωτίας | 137,50 |
| Εύβοιας | 701,25 |
| Φθιώτιδας | 5.610,00 |
| Φωκίδας | 550,00 |
| Αρκαδίας | 1.595,00 |
| Αχαΐας | 167,50 |
| Ηλείας | 59,40 |
| Κορινθίας | 1.058,64 |
| Ιωαννίνων | 770,66 |
| Πρέβεζας | 31,68 |
| Λάρισας | 1.120,65 |
| Μαγνησίας | 269,50 |
| Τρικάλων | 502,70 |
| Γρεβενών | 418,00 |
| Δράμας | 1870,00 |
| Ημαθίας | 118,80 |
| Θεσσαλονίκης | 281,88 |
| Κιλκίς | 165,00 |
| Κοζάνης | 577,50 |
| Πέλλας | 194,42 |
| Πιερίας | 7,92 |
| Σερρών | 165,99 |
| Χαλκιδικής | 225,50 |
| Έβρου | 55,00 |
| Αττικής | 192,50 |
| Συνολο | 19321,99 |

Πίνακας 113: Πρώτη Ύλη-Ξυλεία ανά νομό¹⁴,

| Νομός | Ελαιοκράμβη (tn) | Αντιστοιχία σε Ξυλεία (tn) |
|--------|------------------|----------------------------|
| Έβρος | 234,6 | 206,45 |
| Δράμα | 243,3 | 214,11 |
| Σέρρες | 207,60 | 182,69 |
| Πιερία | 95,1 | 83,69 |

¹⁴ πηγή ΚΑΠΕ

Κεφάλαιο 3: Πρόβλημα Χωροθέτησης μίας Βιομηχανίας Παραγωγής Πέλλετ

| | | |
|-----------------|---------|---------|
| Κιλκίς | 90 | 79,2 |
| Κοζάνη | 37,5 | 33,00 |
| Μαγνησία | 300 | 264,00 |
| Φθιώτιδα | 75,00 | 66,00 |
| Σύνολο | 1283,10 | 1129,13 |

Πίνακας 114: Πρώτη ύλη-ελαιοκράμβη ανά νομό¹⁵, πηγή ΚΑΠΕ

| Νομός | Πυρηνόξυλο (tn) | Αντιστοιχία σε ξυλεία (tn) |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Αιτωλοακαρνανίας | 2.905,80 | 2.034,06 |
| Βοιωτίας | 3.175,50 | 2.222,85 |
| Φθιώτιδας | 5.762,88 | 4.034,02 |
| Ηλείας | 10.440,00 | 7.308,00 |
| Λακωνίας | 20.722,53 | 14.505,77 |
| Μεσσηνίας | 16.965,00 | 11.875,5 |
| Λάρισας | 3.045,00 | 2.131,50 |
| Μαγνησίας | 3.480,00 | 2436,00 |
| Σύνολο | 66496,71 | 46547,70 |

Πίνακας 115: Πρώτη ύλη- Πυρηνόξυλο ανά νομό,

| Νομός | Μίσχανθος (tn) | Αντιστοιχία σε ξυλεία (tn) |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Ροδόπη | 30,00 | 24,72 |
| Έβρος | 40,00 | 32,96 |
| Δράμα | 20,00 | 16,48 |
| Βοιωτία | 2,00 | 1,648 |
| Ξάνθη | 140,00 | 115,36 |
| Μαγνησία | 4,00 | 3,29 |
| Σύνολο | 236,00 | 194,46 |

Πίνακας 116: Πρώτη ύλη- Μίσχανθος ανά νομό¹⁶,

¹⁵ Πηγή ΚΑΠΕ

¹⁶ Πηγή ΚΑΠΕ

| Νομός | Ηλίανθος (tn) | Αντιστοιχία σε ξυλεία (tn) |
|---------------|---------------|----------------------------|
| Γρεβενά | 124,52 | 87,16 |
| Δράμα | 88,75 | 62,13 |
| Θεσσαλονίκη | 331,61 | 232,22 |
| Κιλκίς | 71,28 | 49,89 |
| Σέρρες | 45,18 | 31,63 |
| Χαλκιδική | 62,17 | 43,51 |
| Έβρος | 3792,85 | 2654,99 |
| Ξάνθη | 32,00 | 22,4 |
| Ροδόπη | 526,14 | 368,30 |
| Σύνολο | 5074,5 | 3553,23 |

Πίνακας 117: Πρώτη ύλη-Ηλίανθος ανά νομό¹⁷,

| Νομός | Αγριαγκινάρα (tn) | Αντιστοιχία σε ξυλεία (tn) |
|---------------|-------------------|----------------------------|
| Βοιωτία | 2,00 | 1,39 |
| Μαγνησία | 4,00 | 2,78 |
| Καρδίτσα | 2,00 | 1,39 |
| Σύνολο | 8,00 | 5,56 |

Πίνακας 118: Πρώτη ύλη- Αγριαγκινάρα ανά νομό¹⁸,

Έχοντας μετατρέψει τις ποσότητες πρώτων υλών από τις ενεργειακές καλλιέργειες σε ποσότητες ξυλείας, θα βρούμε τα συνολικά πόσα πρώτης ύλης κάθε νομού.

| Νομός | Τόνοι πρώτης ύλης (ξυλείας) |
|------------------|-----------------------------|
| Αιτολοακαρνανίας | 4509,06 |
| Βοιωτίας | 2363,39 |
| Εύβοιας | 701,25 |
| Φθιώτιδας | 9710,02 |
| Φωκίδας | 550,00 |
| Αρκαδίας | 1595,00 |
| Αχαΐας | 167,50 |

¹⁷ Πηγή ΚΑΠΕ

¹⁸ Πηγή ΚΑΠΕ

| | |
|---------------|-----------------|
| Ηλείας | 7367,40 |
| Κορινθίας | 1058,00 |
| Ιωαννίνων | 770,66 |
| Πρέβεζας | 31,68 |
| Λάρισας | 3252,15 |
| Μαγνησίας | 2972,79 |
| Τρικάλων | 502,70 |
| Γρεβενών | 505,16 |
| Δράμας | 2162,72 |
| Ημαθίας | 118,80 |
| Θεσσαλονίκης | 514,10 |
| Κιλκίς | 294,09 |
| Κοζάνης | 610,5 |
| Πέλλας | 194,42 |
| Πιερίας | 91,61 |
| Σερρών | 380,31 |
| Χαλκιδικής | 269,00 |
| Έβρου | 2949,40 |
| Αττικής | 192,50 |
| Λακωνίας | 14505,77 |
| Μεσσηνία | 11875,5 |
| Ροδόπη | 393,02 |
| Ξάνθη | 137,76 |
| Καρδίτσα | 1,39 |
| Συνολο | 70747,65 |

Πίνακας 119: Συνολικά ποσά πρώτης ύλης εκφρασμένα σε τόνους ξυλείας

3.4 Επίλυση προβλήματος- Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Έχοντας βρεί τα συνολικά ποσά πρώτης ύλης για κάθε νομό, θα προχωρήσουμε στην επίλυση του προβλήματος. Θα πρέπει να εξετάσουμε και να βρούμε το βέλτιστο σημείο στο οποίο θα πρέπει να τοποθετηθεί το εργοστάσιο παραγωγής πέλλετ, έχοντας ως σημείο βαρύτητας την πρώτη ύλη κάθε νομού. Εντοπίσαμε την θέση του νομού στο χάρτη, χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες που μας δίνουν οι χάρτες του Κτηματολογίου Α.Ε. (Υπηρεσία Θέασης και ορθοφωτογραφιών) . Θα πρέπει να τονιστεί ότι για κάθε νομό αντιστοιχεί ένα πολύγωνο και

Κεφάλαιο 3: Πρόβλημα Χωροθέτησης μίας Βιομηχανίας Παραγωγής Πέλλετ

αντίστοιχα σημεία συντεταγμένων. Εμείς επιλέξαμε ένα σημείο το οποίο αντιστοιχεί στην πρώτεύουσα του νομού, σχεδόν στο κέντρο της κάθε πόλης . Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με τα σημεία που πήραμε για κάθε νομό.

| Νομός | Σημείο Χ (τετμημένη) | Σημείο Υ (τεταγμένη) |
|------------------|----------------------|----------------------|
| Αιτωλοακαρνανίας | 274576 | 4279872 |
| Βοιωτίας | 469289 | 4240631 |
| Εύβοιας | 468316 | 4258554 |
| Φθιώτιδας | 363119 | 4307375 |
| Φωκίδας | 358665 | 4265245 |
| Αρκαδίας | 356168 | 4152877 |
| Αχαΐας | 301549 | 4233970 |
| Ηλείας | 274465 | 4172625 |
| Κορινθίας | 406050 | 4199295 |
| Ιωαννίνων | 228927 | 4395193 |
| Πρέβεζας | 218055 | 4319196 |
| Λάρισας | 364710 | 4390525 |
| Μαγνησίας | 406386 | 4359484 |
| Τρικάλων | 307804 | 4381540 |
| Γρεβενών | 279876 | 4439762 |
| Δράμας | 509966 | 4554820 |
| Ημαθίας | 356953 | 4483129 |
| Θεσσαλονίκης | 404791 | 4503455 |
| Κιλκίς | 406260 | 4538593 |
| Κοζάνης | 312315 | 4467169 |
| Πέλλας | 333949 | 4517879 |
| Πιερίας | 372181 | 4460285 |
| Σερρών | 460818 | 4548397 |
| Χαλκιδικής | 451947 | 4468751 |
| Έβρου | 656407 | 4524147 |
| Αττικής | 481321 | 4217212 |
| Λακωνίας | 361137 | 4104026 |
| Μεσσηνία | 330834 | 4101455 |

| | | |
|-----------------|--------|---------|
| Ροδόπη | 615997 | 4551870 |
| Ξάνθη | 572763 | 4553972 |
| Καρδίτσα | 319103 | 4359537 |

Πίνακας 19: Συντεταγμένες σημείων για κάθε νομό

Για να λύσουμε το πρόβλημα θα πρέπει να λύσουμε την παρακάτω εξίσωση ελαχιστοποίησης:

$$\min \sum_{i=1}^{31} \sqrt{((X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2)} * C_i \quad (1)$$

Όπου C_i : το πόσο πρώτης ύλης κάθε νομού

Από τις παραπάνω εξισώσεις θα βρεθούν οι 2 άγνωστοι X,Y οι οποίες θα αντιστοιχούν στο σημείο στο οποίο, βάσει του προβλήματος, θα πρέπει να εγκατασταθεί το εργοστάσιο παραγωγής πέλλετ .

Θα παραθέσουμε την αντικειμενική συνάρτηση και τους περιορισμούς και θα τα σχολιάσουμε μαζί με τα αποτελέσματα. Αρχικά λύσαμε το πρόβλημα για το σύνολο της πρώτης ύλης σε κάθε νόμο. Δηλαδή τα αθροιστικά ποσά που προέρχονται, είτε από τα υπολείμματα ξυλείας, είτε από τα υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών.

Αντικειμενική Συνάρτηση (για το σύνολο της πρώτης ύλης)

$$\begin{aligned} \text{MIN} = & \sqrt{((274576-x)^2 + (4279872-y)^2)} * 4509,06 + \sqrt{((469289-x)^2 + (4279872-y)^2)} * 2363,39 + \\ & \sqrt{((468316-x)^2 + (425854-y)^2)} * 701,25 + \sqrt{((363119-x)^2 + (4307375-y)^2)} * 9710,2 + \\ & \sqrt{((358665-x)^2 + (4265245)^2)} * 550,00 + \sqrt{((356168-x)^2 + (4152877-y)^2)} * 1595 + \\ & \sqrt{((301549-x)^2 + (4233970-y)^2)} * 167,5 + \sqrt{((274465-x)^2 + (4172625-y)^2)} * 7367,4 + \\ & \sqrt{((406050-x)^2 + (4199295-y)^2)} * 1058,00 + \sqrt{((228927-x)^2 + (4395193-y)^2)} * 770,66 + \\ & \sqrt{((218055-x)^2 + (4319196-y)^2)} * 31,68 + \sqrt{((364710-x)^2 + (4390525-y)^2)} * 3252,15 + \\ & \sqrt{((406386-x)^2 + (4359484-y)^2)} * 2972,79 + \sqrt{((307804-x)^2 + (4381540-y)^2)} * 502,7 + \\ & \sqrt{((279876-x)^2 + (4439762-y)^2)} * 505,16 + \sqrt{((509966-x)^2 + (4554820-y)^2)} * 2162,72 + \\ & \sqrt{((356953-x)^2 + (4483129-y)^2)} * 118,8 + \sqrt{((404791-x)^2 + (4503355-y)^2)} * 514,10 + \\ & \sqrt{((406260-x)^2 + (4538593-y)^2)} * 294,09 + \sqrt{((312315-x)^2 + (4467169-y)^2)} * 610,50 \\ & \sqrt{((333949-x)^2 + (4517879-y)^2)} * 194,42 + \sqrt{((372181-x)^2 + (4460285-y)^2)} * 91,61 + \\ & \sqrt{((460818-x)^2 + (4548397-y)^2)} * 380,31 + \sqrt{((451947-x)^2 + (4468751-y)^2)} * 269,00 + \\ & \sqrt{((656407-x)^2 + (4524147-y)^2)} * 2949,40 + \sqrt{((481321-x)^2 + (4217212-y)^2)} * 192,5 + \\ & \sqrt{((361137-x)^2 + (4104026-y)^2)} * 14505,77 + \sqrt{((330834-x)^2 + (4101455-y)^2)} * 11875,5 + \\ & \sqrt{((615997-x)^2 + (4551870-y)^2)} * 393,02 + \sqrt{((572763-x)^2 + (4553972-y)^2)} * 137,76 + \\ & \sqrt{((319103-x)^2 + (4359537-y)^2)} * 1,39 \end{aligned}$$

Η παραπάνω αντικειμενική συνάρτηση είναι βασισμένη στον τύπο (1)

Περιορισμοί

1. $X \geq 0$,
2. $Y \geq 0$,
3. $X \geq 167317$,
4. $X \leq 716275$,
5. $Y \leq 4625030$,
6. $Y \geq 4029187$,

Οι περιορισμοί 1, 2 μας δηλώνουν ότι θέλουμε μόνο θετικές λύσεις, που εκ των πραγμάτων δεν γίνεται να είναι αρνητικοί, λόγω του γεγονότος ότι το σύστημα συντεταγμένων (X,Y) του κτηματολογίου είναι θετικό για τον ελλαδικό χώρο. Οι περιορισμοί 1,2,3,4 είναι

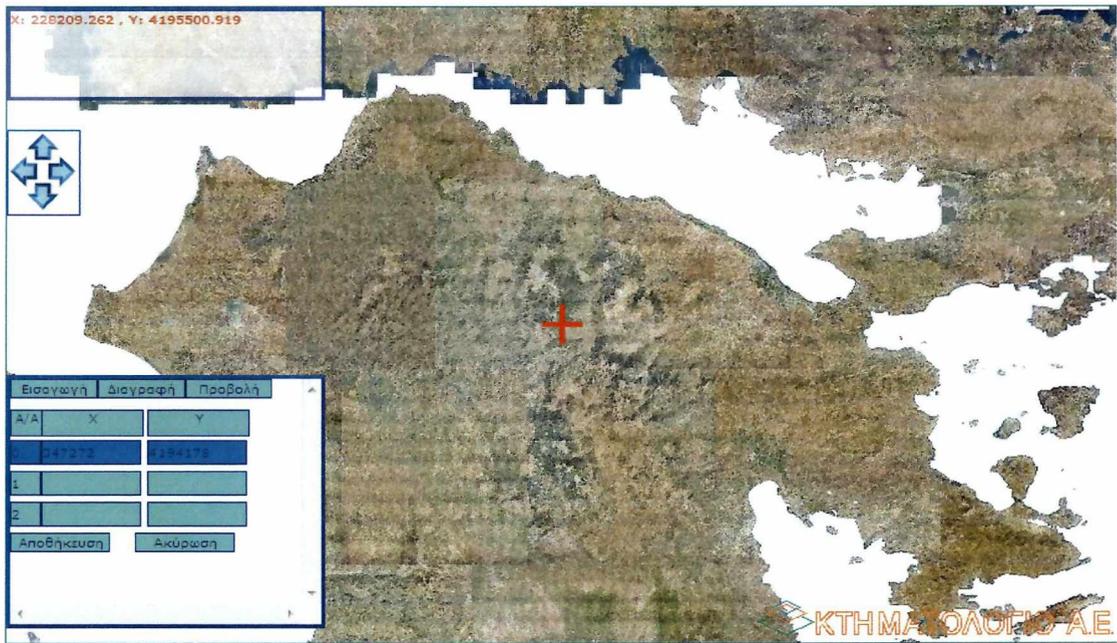
Κεφάλαιο 3: Πρόβλημα Χωροθέτησης μίας Βιομηχανίας Παραγωγής Πέλλετ

απαραίτητοι διότι αυτά τα σημεία είναι τα όρια της Ελλάδος. Αυτό σημαίνει ότι ξεπερνώντας αυτά τα σημεία θα βρισκόμασταν εκτός Ελλάδος. Σε κάθε περίπτωση υπάρχει ένας περιορισμός που θα μπει εκ των υστέρων και αφού πάρουμε μία αρχική λύση. Υπάρχει πάντα η περίπτωση το σημείο που θα βρούμε να είναι μέσα στην θάλασσα ή σε κάποιο νησί που δεν αποτελούν αποδεκτές λύσεις. Όλα τα σημεία μας είναι στην Ηπειρωτική Ελλάδα, οπότε μια λύση από τις παραπάνω δεν θα ήταν σωστή.

Λύση

| Variable | Value |
|----------|----------|
| X | 347272.0 |
| Y | 4194178 |

Η λύση δόθηκε από το υπολογιστικό πρόβλημα Lingo 14.0. Το σημείο το (X,Y) που υπολογίστηκε παραπάνω, το εντοπίσαμε στην πλατφόρμα του Κτηματολογίου Ελλάδος από την οποία πήραμε την παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 26: Σημείο βέλτιστης τοποθεσίας για το σύνολο των πρώτων υλών

Το συγκεκριμένο πρόβλημα το λύσαμε και με τον παρακάτω τύπο:

$$\min \sum_{i=1}^{31} \sqrt{((X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2)} * C_i / \sum_{i=1}^{31} C_i \quad (2)$$

Όπου C_i : Το ποσό πρώτης ύλης ανά νομό

Χρησιμοποιώντας το κλάσμα προσπαθήσαμε να κάνουμε κανονικοποίηση για να πάρουμε καλύτερο αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα με την κανονικοποίηση δεν άλλαξε θεαματικά. Άρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε τον τύπο (1) είτε τον τύπο (2).

| Variable | Value |
|----------|-----------|
| X | 347273.0 |
| Y | 4193761.0 |

Παρατηρούμε ότι το σημείο εγκατάστασης του εργοστασίου είναι πολύ κοντά στα 2 σημεία (Μεσσηνία, Λακωνία), στα οποία υπάρχουν τα μεγαλύτερα ποσά πρώτης ύλης. Παρατηρώντας τους Πίνακες 13-19, αντιλαμβανόμαστε ότι οι 2 αυτοί νομοί έχουν τα μεγαλύτερα ποσά πρώτης ύλης, λόγω της αυξημένης διαθεσιμότητας σε τόνους πυρηνόξυλου. Το πυρηνόξυλο προέρχεται από την επεξεργασία του ελαιοπυρήνα. Υπάρχουν λίγες μονάδες επεξεργασίας ελαιοπυρήνα ανά την Ελλάδα, κάτι που μας δείχνει ο πίνακας 15, στον οποίον φαίνεται ότι το σύνολο της πρώτης ύλης του πυρηνόξυλου, διατίθεται από λίγους νομούς οι οποίοι διαθέτουν μεγάλα ποσά ύλης. Όπως έχουμε πει σε προηγούμενο κεφάλαιο τα πέλλετ από πυρηνόξυλο χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αναγκών κυρίως σε βιομηχανικά κτήρια και εγκαταστάσεις, λόγω του προβλήματος της οσμής που εκλύουν κατά την καύση τους.

Ας δούμε λοιπόν ξανά το ίδιο πρόβλημα, διαχωρίζοντας τις πρώτες ύλες ανά κατηγορία. Η κύρια πρώτη ύλη είναι τα υπολείμματα ξύλου. Αν ένα εργοστάσιο παραγωγής πέλλετ χρησιμοποιούσε ως πρώτη ύλη μόνο το ξύλο τότε το πρόβλημα θα οριζόταν ως εξής:

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\begin{aligned} & \sqrt{((274576-x)^2 + (4279872-y)^2)} * 2475,00 + \sqrt{((469289-x)^2 + (4279872-y)^2)} * 137,50 + \\ & \sqrt{((468316-x)^2 + (425854-y)^2)} * 701,25 + \sqrt{((363119-x)^2 + (4307375-y)^2)} * 5610,00 + \\ & \sqrt{((358665-x)^2 + (4265245)^2)} * 550,00 + \sqrt{((356168-x)^2 + (4152877-y)^2)} * 1595 + \\ & \sqrt{((301549-x)^2 + (4233970-y)^2)} * 167,5 + \\ & \sqrt{((406050-x)^2 + (4199295-y)^2)} * 1058,00 + \sqrt{((228927-x)^2 + (4395193-y)^2)} * 770,66 + \\ & \sqrt{((218055-x)^2 + (4319196-y)^2)} * 31,68 + \sqrt{((364710-x)^2 + (4390525-y)^2)} * 1120,65 + \\ & \sqrt{((406386-x)^2 + (4359484-y)^2)} * 269,50 + \sqrt{((307804-x)^2 + (4381540-y)^2)} * 502,7 + \\ & \sqrt{((279876-x)^2 + (4439762-y)^2)} * 418,00 + \sqrt{((509966-x)^2 + (4554820-y)^2)} * 1870,00 + \\ & \sqrt{((356953-x)^2 + (4483129-y)^2)} * 118,8 + \sqrt{((404791-x)^2 + (4503355-y)^2)} * 281,18 + \\ & \sqrt{((406260-x)^2 + (4538593-y)^2)} * 165,00 + \sqrt{((312315-x)^2 + (4467169-y)^2)} * 577,70 + \\ & \sqrt{((333949-x)^2 + (4517879-y)^2)} * 194,42 + \sqrt{((372181-x)^2 + (4460285-y)^2)} * 7,92 + \\ & \sqrt{((460818-x)^2 + (4548397-y)^2)} * 165,99 + \sqrt{((451947-x)^2 + (4468751-y)^2)} * 225,50 + \\ & \sqrt{((656407-x)^2 + (4524147-y)^2)} * 55,00 + \sqrt{((481321-x)^2 + (4217212-y)^2)} * 192,5 + \end{aligned}$$

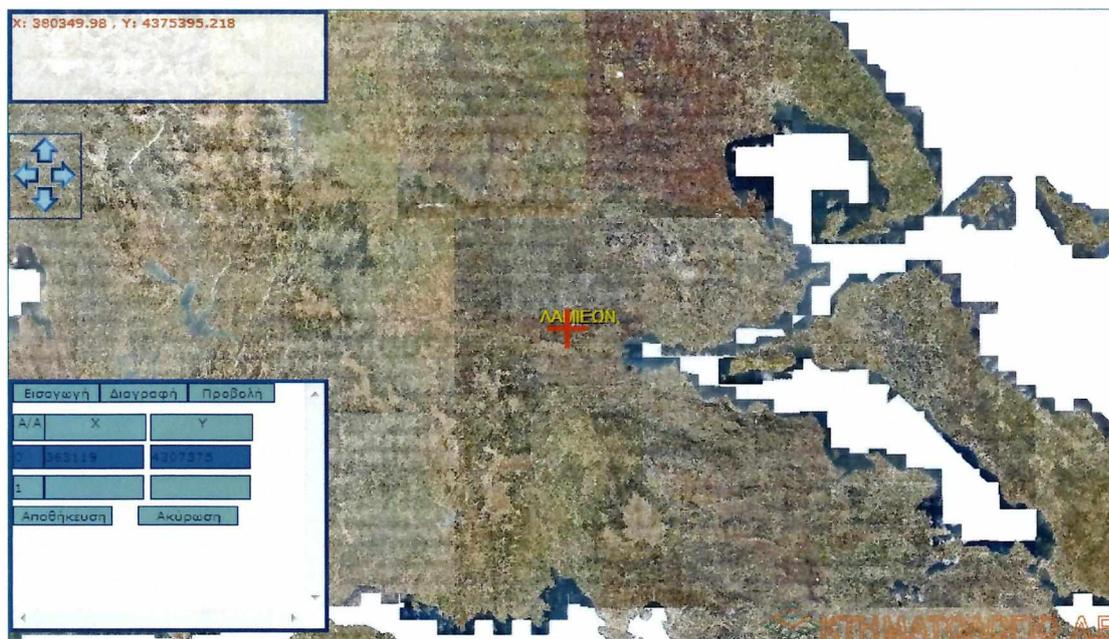
Περιορισμοί

Οι περιορισμοί της αντικειμενικής συνάρτησης εξακολουθούν να είναι οι ίδιοι, καθώς και η λογική με την οποία μπορεί να προστεθεί κάποιος ακόμα.

Λύση

| Variable | Value |
|----------|----------|
| X | 363119.0 |
| Y | 4307375 |

Το συγκεκριμένο σημείο βρίσκεται στην Φθιώτιδα , στο δήμο Λαμειων.



Εικόνα 27: Σημείο Βέλτιστης τοποθεσίας- Πρώτη ύλη Υπολείμματα ξυλείας

Παρατηρούμε ότι το βέλτιστο σημείο είναι αρκετά διαφορετικό από το προηγούμενο σημείο, κάτι που μας δικαιώνει όσον αφορά το συλλογισμό μας παραπάνω.

Ας δούμε το βέλτιστο σημείο έχοντας ως πρώτη ύλη μόνο το πυρηνόξυλο.

Αντικειμενική Συνάρτηση

MIN =

$$\begin{aligned} & \sqrt{((274576-x)^2 + (4279872-y)^2)} * 2905,80 + \sqrt{((469289-x)^2 + (4279872-y)^2)} * 3175,50 + \\ & \sqrt{((363119-x)^2 + (4307335-y)^2)} * 5762,88 + \sqrt{((274465-x)^2 + (4172625-y)^2)} * 10440,00 \\ & \sqrt{((3647210-x)^2 + (4390525-y)^2)} * 3045,00 + \sqrt{((406386-x)^2 + (4359484-y)^2)} * 3480,00 + \\ & \sqrt{((361137-x)^2 + (4104026-y)^2)} * 20722,53 + \sqrt{((330834-x)^2 + (4101455-y)^2)} * 16965,00 \end{aligned}$$

Περιορισμοί

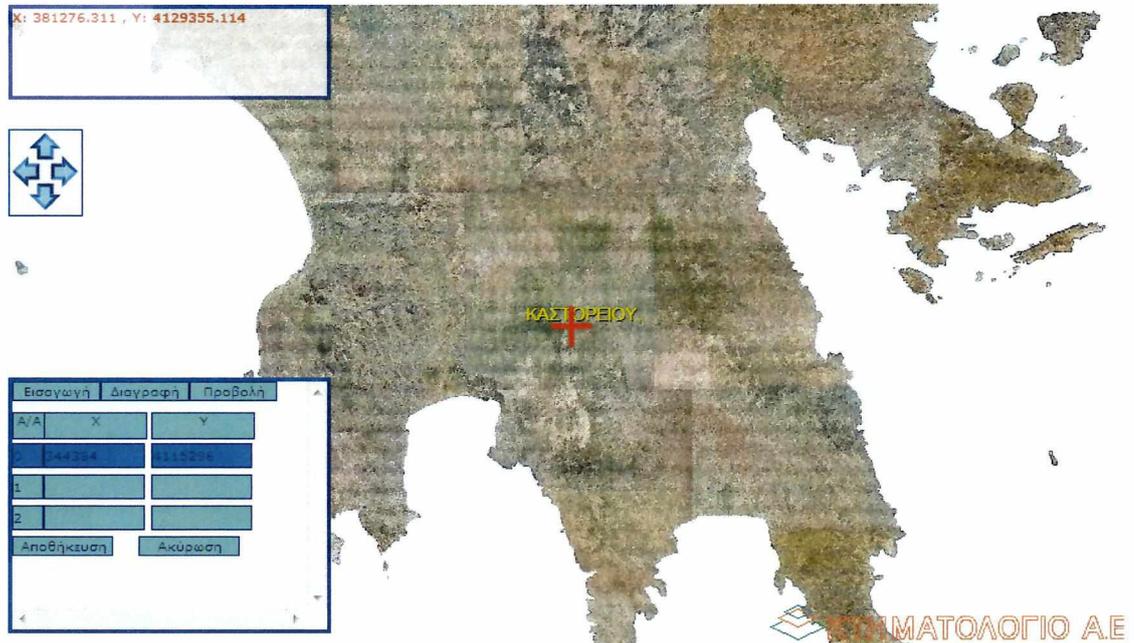
Ισχύουν οι ίδιοι περιορισμοί.

Κεφάλαιο 3: Πρόβλημα Χωροθέτησης μίας Βιομηχανίας Παραγωγής Πέλλετ

Λύση

| Variable | Value |
|----------|----------|
| X | 344384.0 |
| Y | 4115296. |

Σημείο αυτό βρίσκεται στο νομό Λακωνίας, στον Δήμο Καστορείου.



Εικόνα 28: Σημείο βέλτιστης θέσης , Πρώτη ύλη-Πυρηνόξυλο

Τέλος, θα κάνουμε ακριβώς το ίδιο έχοντας ως πρώτη ύλη τις ενεργειακές καλλιέργειες της αγριαγκινάρας, της ελαιοκράμβης, του μίσχανθου και του ηλίανθου.

Αντικειμενική συνάρτηση

$$\begin{aligned} & \sqrt{((469289-x)^2 + (4240631-y)^2)} * 4,00 + \sqrt{((363119-x)^2 + (4307375-y)^2)} * 75,00 + \\ & \sqrt{((301549-x)^2 + (4233970-y)^2)} * 167,5 + \\ & \sqrt{((406386-x)^2 + (4359484-y)^2)} * 269,50 + \sqrt{((307804-x)^2 + (4381540-y)^2)} * 308,00 + \\ & \sqrt{((279876-x)^2 + (4439762-y)^2)} * 124,52 + \sqrt{((509966-x)^2 + (4554820-y)^2)} * 352,00 + \\ & \sqrt{((404791-x)^2 + (4503355-y)^2)} * 331,61 + \\ & \sqrt{((406260-x)^2 + (4538593-y)^2)} * 161,28 + \sqrt{((312315-x)^2 + (4467169-y)^2)} * 37,50 \\ & + \sqrt{((372181-x)^2 + (4460285-y)^2)} * 95,1 + \\ & \sqrt{((460818-x)^2 + (4548397-y)^2)} * 252,78 + \sqrt{((451947-x)^2 + (4468751-y)^2)} * 62,17 + \\ & \sqrt{((656407-x)^2 + (4524147-y)^2)} * 4067,45 + \\ & \sqrt{((330834-x)^2 + (4101455-y)^2)} * 11875,5 + \\ & \sqrt{((615997-x)^2 + (4551870-y)^2)} * 393,02 + \sqrt{((572763-x)^2 + (4553972-y)^2)} * 556,14 + \\ & \sqrt{((319103-x)^2 + (4359537-y)^2)} * 2,00 + \sqrt{((572763-x)^2 + (4553972-y)^2)} * 172,00 + \\ & \sqrt{((363119-x)^2 + (4307375-y)^2)} * 75,00 \end{aligned}$$

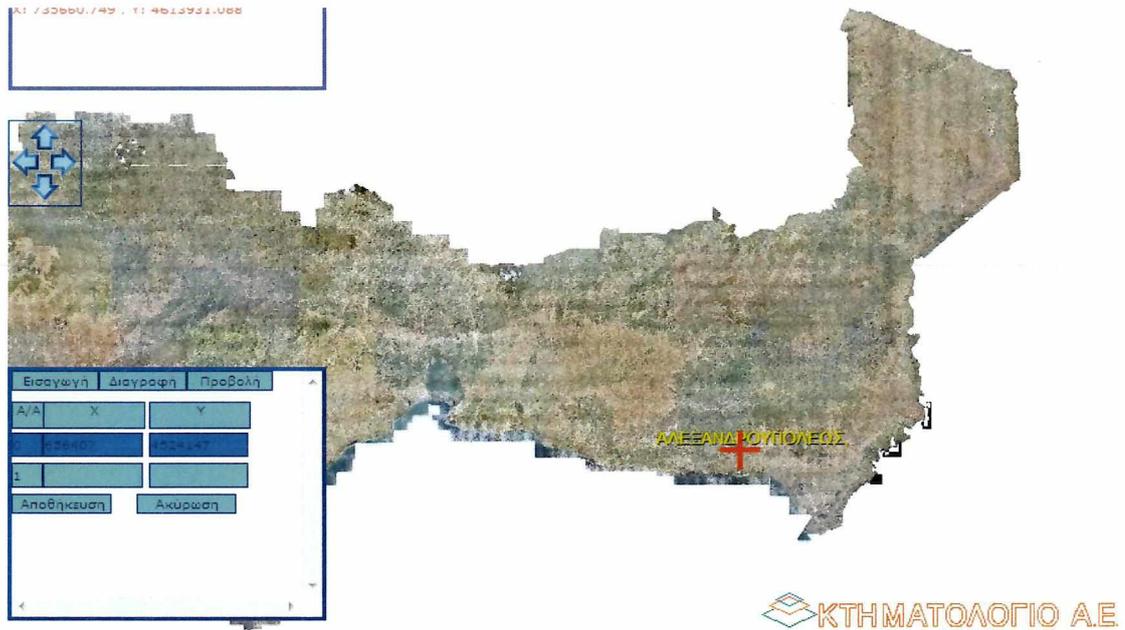
Περιορισμοί

Όπως και παραπάνω , ισχύουν οι ίδιοι περιορισμοί

Λύση

| Variable | Value |
|----------|----------|
| X | 656407.0 |
| Y | 4524147 |

Το σημείο που βρήκαμε ανήκει στο Νόμο Έβρου, στον Δήμο Αλεξανδρούπολης.



Εικόνα 29: Σημείο Βέλτιστης θέσης, Πρώτη ύλη-Ενεργειακες καλλιέργειες

Παρατηρούμε ότι και σε αυτή την περίπτωση, λόγω της αρκετά μεγαλύτερης διαθεσιμότητας σε πρώτη ύλη στο Νομό Έβρου από τα υπόλοιπα σημεία (περίπου το 61%), το σημείο εγκατάστασης είναι στον νομό Έβρου.

Η υλοποίηση των παραπάνω προγραμμάτων έγινε σε προσωπικό υπολογιστή. Τα χαρακτηριστικά του υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε είναι τα εξής:

- Επεξεργαστής AMD Athlon X2 Dual Core 1,90 GHz,
- Εγκατεστημένη μνήμη: 3,00 GB,
- Λογισμικό: Windows Vista Home Premium

Οι βιβλιοθήκες βελτιστοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της Lingo version 14.0.

ΚΡΙΣΙΜΑ ΖΗΤΗΜΑ ΠΡΟΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Στα πλαίσια εφαρμογής του προβλήματος χωροθέτησης (allocation problem) θα πρέπει να επισημανθούν ορισμένα ζητήματα, τα οποία και δύναται να αποτελέσουν αντικείμενο διερεύνησης σε μία δευτεροβάθμια μελέτη χωροθέτησης της επιχείρησης. Η επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης, πραγματοποιήθηκε, αφού πρώτα έγιναν ορισμένες παραδοχές:

1) Ο χώρος αναφοράς, ύστερα και από τις δεσμέυσεις οι οποίες και περιγράφονται παραπάνω, ορίστηκε χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το μορφολογικό ανάγλυφο του ελληνικού χώρου. Δηλαδή δεν εξαιρέθηκαν από το σύνολο το σημειακών συντεταγμένων οι ορεινοί όγκοι, οι ημιορεινοί, καθώς επίσης και υδατικοί πόροι (ποτάμια, λίμνες).

2) Δεν λαμβάνονται υπόψη οι θεσμοθετημένες από τα υπερκείμενα εθνικά χωρικά εργαλεία (Χωροταξικά Σχέδια, Πολεοδομικά Σχέδια κ.α.) χρήσεις γης. Από την κείμενη εθνική νομοθεσία προκύπτουν περιορισμοί στη χωροθέτηση οικονομικών δραστηριοτήτων οι οποίοι είναι δυνατόν να αποτελέσουν τροχοπέδη στη χωροθέτηση της επιχείρησης στο χώρο ο οποίος έχει προκριθεί.

3) Ομοίως, δεν λαμβάνεται υπόψη, στα πλαίσια της επίλυσης του προβλήματος χωροθέτησης, η ύπαρξης προστατευόμενων περιοχών, όπως δασικές εκτάσεις, εθνικοί δρυμοί, περιοχές Natura κ.α. Στις εν λόγω περιοχές είναι απαγορευτική η χωροθέτηση και λειτουργία τέτοιων οικονομικών δραστηριοτήτων, επομένως θα πρέπει και να εξαιρεθούν.

4) Έχοντας υπόψη ότι, η χωροθέτηση και λειτουργία της συγκεκριμένης επιχείρησης, όπως και κάθε επιχείρησης, έχει ως βασικό άξονα επικοινωνίας τόσο με τις πρώτες ύλες, όσο και με τον τελικό αποδέκτη του προϊόντος (πελάτης), τα δίκτυα οδικών και σταθερών μεταφορών (τρένο, προαστιακός κτλ), γίνεται αντιληπτό ότι η επιχείρηση είναι «αναγκασμένη» να χωροθετηθεί σε θέση πλησίον των παραπάνω δικτύων. Κατά την επίλυση του ζητήματος χωροθέτησης δεν δόθηκε βαρύτητα στις περιοχές αυτές και ιδιαίτερα στις περιοχές του εθνικού αναπτυξιακού S το οποίο σχηματίζεται από το εθνικό οδικό δίκτυο (Αλεξανδρούπολη-Καβάλα-Θεσσαλονίκη-Αθήνα –Πάτρα).

5) Τέλος, ένα ακόμη σημείο το οποίο θα έπρεπε να συμπεριληφθεί, έστω και σε δευτεροβάθμιο επίπεδο επεξεργασίας, δηλαδή μετά το τελικό αποτέλεσμα το οποίο δίνει το σημείο επιλογής, είναι το καθεστώς ιδιοκτησίας. Δηλαδή, έχοντας επιλεξει μακροσκοπικά το σημείο άρα και την πόλη στην οποία θα χωροθετηθεί η επιχείρηση, θα πρέπει να εξεταστεί το ιδιοκτησιακό καθεστώς της χωρικής ενότητας στην οποία θα δημιουργηθεί η επιχείρηση, έτσι ώστε να επιλεχθεί το κατάλληλο αγροτεμάχιο. Σε μία μελέτη χωροθέτησης, όπου επιλέγεται η θέση με το μεγαλύτερο όφελος για την επιχείρηση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δυνατοτητα

απόκτηση γης στη συμφερότερη τιμή και με τις ελάχιστες δυνατές χρονικές και γραφειοκρατικές καθυστερήσεις.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πρόγραμμα 1 –Επίλυση (Σύνολο πρώτης ύλης)

```
1) MIN = @SQRT((274576-X) ^2 + (4279872-Y) ^2) * 4509.06 +
  @SQRT((469289-X) ^2 + (4240631-Y) ^2 ) * 2363.39
  +@SQRT((468316-X) ^2 + (4258554-Y) ^2 ) * 701.25
2) + @SQRT((363119-X) ^2 + (4307375-Y) ^2) * 9710.2 +
  @SQRT((358665-X) ^2 + (4265245-Y) ^2) * 550.00 +
  @SQRT((356168-X) ^2 + (4152877-Y) ^2) * 1595 + @SQRT((301549-
  X) ^2 + (4233970-Y) ^2) * 167.5
3) +@SQRT((274465-X) ^2 + (4172625-Y) ^2) * 7367.4 +
  @SQRT((406050-X) ^2 + (4199295-Y) ^2) * 1058.00 +
  @SQRT((228927-X) ^2 + (4395193-Y) ^2) * 770.66
4) +@SQRT((218055-X) ^2 + (4319196-Y) ^2) * 31.68 +
  @SQRT((364710-X) ^2 + (4390525-Y) ^2) * 3252.15 +
  @SQRT((406386-X) ^2 + (4359484-Y) ^2) * 2972.79
5) + @SQRT((307804-X) ^2 + (4381540-Y) ^2) * 502.7+
  @SQRT((279876-X) ^2 + (4439762-Y) ^2) * 505.16 +
  @SQRT((509966-X) ^2 + (4554820-Y) ^2) * 2162.72
6) + @SQRT((356953-X) ^2 + (4483129-Y) ^2) * 118.8 +
  @SQRT((404791-X) ^2 + (4503355-Y) ^2) * 514.10 +@SQRT((406260-
  X) ^2 + (4538593-Y) ^2) * 294.09
7) + @SQRT((312315-X) ^2 + (4467169-Y) ^2) * 610.50 +
  @SQRT((333949-X) ^2 + (4517879-Y) ^2) * 194.42 +
  @SQRT((372181-X) ^2 + (4460285-Y) ^2) * 91.61
8) + @SQRT((460818-X) ^2 + (4548397-Y) ^2) * 380.31 +
  @SQRT((451947-X) ^2 + (4468751-Y) ^2) * 269.00 +
  @SQRT((656407-X) ^2 + (4524147-Y) ^2) * 2949.40
9) + @SQRT((481321-X) ^2 + (4217212-Y) ^2) * 192.5 +
  @SQRT((361137-X) ^2 + (4104026-Y) ^2) * 14505.77 +
  @SQRT((330834-X) ^2 + (4101455-Y) ^2) * 11875.5
10) + @SQRT((615997-X) ^2 + (4551870-Y) ^2) * 393.02 +
  @SQRT((572763-X) ^2 + (4553972-Y) ^2) * 137.76 +
  @SQRT((319103-X) ^2 + (4359537-Y) ^2) * 1.39
11) ;
12)
13) X >= 0;
14) Y >= 0;
15) X >= 167317 ;
16) X <= 716275 ;
17) Y <= 4625030 ;
18) Y >= 4029187 ;
19) @GIN(X) ;
20) @GIN(Y) ;
```

Αποτελέσματα

Local optimal solution found.

| | |
|--------------------------|---------------|
| Objective value: | 0.9999755E+10 |
| Objective bound: | 0.9999755E+10 |
| Infeasibilities: | 0.000000 |
| Extended solver steps: | 1 |
| Total solver iterations: | 345 |
| Elapsed runtime seconds: | 1.29 |

Model Class: PINLP

| | |
|------------------------|---|
| Total variables: | 2 |
| Nonlinear variables: | 2 |
| Integer variables: | 2 |
| Total constraints: | 7 |
| Nonlinear constraints: | 1 |
| Total nonzeros: | 8 |
| Nonlinear nonzeros: | 2 |

| | Variable | Value | |
|---------------|----------|------------------|---|
| Reduced Cost | | | |
| | X | 347272.0 | - |
| 0.1695847 | | | |
| | Y | 4194178. | - |
| 0.4198566E-01 | | | |
| | Row | Slack or Surplus | |
| Dual Price | | | |
| | 1 | 0.9999755E+10 | - |
| 1.000000 | | | |
| | 2 | 347272.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 3 | 4194178. | |
| 0.000000 | | | |
| | 4 | 179955.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 5 | 369003.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 6 | 430852.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 7 | 164991.0 | |
| 0.000000 | | | |

Πρόγραμμα 2 –Επίλυση (Πρώτη Ύλη-Πυρηνόξυλο)

```

MIN = @SQRT((274576-X) ^2 + (4279872-Y) ^2) * 2905.80+
@SQRT((469289-X) ^2 + (4240631-Y) ^2 ) * 3175.50
+ @SQRT((363119-X) ^2 + (4307375-Y) ^2) * 5762.88+ @SQRT((274465-X)
^2 + (4172625-Y) ^2) * 10440.00+
@SQRT((364710-X) ^2 + (4390525-Y) ^2) * 3045.00+ @SQRT((406386-X)
^2 + (4359484-Y) ^2) * 3480.00+
@SQRT((361137-X) ^2 + (4104026-Y) ^2) * 20722.53 + @SQRT((330834-
X) ^2 + (4101455-Y) ^2) * 16965.00;

```

```

X >= 0;
Y >= 0;
X >= 167317 ;
X <= 716275 ;
Y <= 4625030 ;
Y >= 4029187 ;
@GIN(X);
@GIN(Y) ;

```

Αποτελέσματα

Local optimal solution found.

| | |
|--------------------------|---------------|
| Objective value: | 0.5601604E+10 |
| Objective bound: | 0.5601604E+10 |
| Infeasibilities: | 0.000000 |
| Extended solver steps: | 1 |
| Total solver iterations: | 269 |
| Elapsed runtime seconds: | 0.84 |

Model Class: PINLP

| | |
|----------------------|---|
| Total variables: | 2 |
| Nonlinear variables: | 2 |
| Integer variables: | 2 |

| | |
|------------------------|---|
| Total constraints: | 7 |
| Nonlinear constraints: | 1 |

| | |
|---------------------|---|
| Total nonzeros: | 8 |
| Nonlinear nonzeros: | 2 |

| | Variable | Value |
|---------------|----------|----------|
| Reduced Cost | | |
| | X | 344384.0 |
| 0.8217898E-01 | | |
| | Y | 4115296. |
| 0.3146450 | | |

| | Row | Slack or Surplus | |
|------------|-----|------------------|---|
| Dual Price | | | |
| | 1 | 0.5601604E+10 | - |
| 1.000000 | | | |
| | 2 | 344384.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 3 | 4115296. | |
| 0.000000 | | | |
| | 4 | 177067.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 5 | 371891.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 6 | 509734.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 7 | 86109.00 | |
| 0.000000 | | | |

Πρόγραμμα 3- Επίλυση (Πρώτη ύλη –Ξυλεία)

```
MIN = @SQRT((274576-X) ^2 + (4279872-Y) ^2) * 2475+ @SQRT((469289-X)
^2 + (4240631-Y) ^2 ) * 137.50 +@SQRT((468316-X) ^2 + (4258554-Y) ^2
) * 701.25
+ @SQRT((363119-X) ^2 + (4307375-Y) ^2) * 5610.00+ @SQRT((358665-X)
^2 + (4265245-Y) ^2) * 550.00 + @SQRT((356168-X) ^2 + (4152877-Y)
^2) * 1595
+ @SQRT((301549-X) ^2 + (4233970-Y) ^2) * 167.5
+@SQRT((274465-X) ^2 + (4172625-Y) ^2) * 59.40+ @SQRT((406050-X) ^2
+ (4199295-Y) ^2) * 1058.00 + @SQRT((228927-X) ^2 + (4395193-Y) ^2)
* 770.66
+@SQRT((218055-X) ^2 + (4319196-Y) ^2) * 31.68 + @SQRT((364710-X) ^2
+ (4390525-Y) ^2) * 1120.65 + @SQRT((406386-X) ^2 + (4359484-Y) ^2)
* 269.50
+ @SQRT((307804-X) ^2 + (4381540-Y) ^2) * 502.7+ @SQRT((279876-X) ^2
+ (4439762-Y) ^2) * 418.00+ @SQRT((509966-X) ^2 + (4554820-Y) ^2) *
1870.00
+ @SQRT((356953-X) ^2 + (4483129-Y) ^2) * 118.8 + @SQRT((404791-X)
^2 + (4503355-Y) ^2) * 281.18 +@SQRT((406260-X) ^2 + (4538593-Y) ^2)
* 165.00
+ @SQRT((312315-X) ^2 + (4467169-Y) ^2) * 577.70 + @SQRT((333949-X)
^2 + (4517879-Y) ^2) * 194.42 + @SQRT((372181-X) ^2 + (4460285-Y)
^2) * 7.92
+ @SQRT((460818-X) ^2 + (4548397-Y) ^2) * 165.99+ @SQRT((451947-X)
^2 + (4468751-Y) ^2) * 225.50+ @SQRT((656407-X) ^2 + (4524147-Y) ^2)
* 55.00
+ @SQRT((481321-X) ^2 + (4217212-Y) ^2) * 192.5 ;
```

```
X >= 0;
Y >= 0;
X >= 167317 ;
X <= 716275 ;
Y <= 4625030 ;
Y >= 4029187 ;
@GIN(X);
@GIN(Y) ;
```

Αποτελέσματα

Local optimal solution found.

| | |
|--------------------------|---------------|
| Objective value: | 0.2025110E+10 |
| Objective bound: | 0.2025110E+10 |
| Infeasibilities: | 0.000000 |
| Extended solver steps: | 0 |
| Total solver iterations: | 190 |
| Elapsed runtime seconds: | 1.19 |

Model Class: PINLP

| | |
|----------------------|---|
| Total variables: | 2 |
| Nonlinear variables: | 2 |
| Integer variables: | 2 |

| | |
|------------------------|---|
| Total constraints: | 7 |
| Nonlinear constraints: | 1 |

| | |
|-----------------|---|
| Total nonzeros: | 8 |
|-----------------|---|

Nonlinear nonzeros: 2

| | Variable | Value | |
|--------------|----------|------------------|---|
| Reduced Cost | | | |
| | X | 363119.0 | - |
| 2676.257 | | | |
| | Y | 4307375. | - |
| 5254.845 | | | |
| | Row | Slack or Surplus | |
| Dual Price | | | |
| | 1 | 0.2025110E+10 | - |
| 1.000000 | | | |
| | 2 | 363119.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 3 | 4307375. | |
| 0.000000 | | | |
| | 4 | 195802.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 5 | 353156.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 6 | 317655.0 | |
| 0.000000 | | | |
| | 7 | 278188.0 | |
| 0.000000 | | | |

Πρόβλημα 4 – Επίλυση (Πρώτη Ύλη-Ενεργειακές Καλλιέργειες)

```
MIN = @SQRT((469289-X) ^2 + (4240631-Y) ^2 ) * 4.00 + @SQRT((363119-
X) ^2 + (4307375-Y) ^2) * 75.00+
+ @SQRT((301549-X) ^2 + (4233970-Y) ^2) * 167.5
+ @SQRT((406386-X) ^2 + (4359484-Y) ^2) * 269.50
+ @SQRT((307804-X) ^2 + (4381540-Y) ^2) * 308+ @SQRT((279876-X) ^2 +
(4439762-Y) ^2) * 124.52+ @SQRT((509966-X) ^2 + (4554820-Y) ^2) *
352.02
+ @SQRT((404791-X) ^2 + (4503355-Y) ^2) * 331.61+ @SQRT((406260-X)
^2 + (4538593-Y) ^2) * 161.28
+ @SQRT((312315-X) ^2 + (4467169-Y) ^2) * 37.50 + @SQRT((372181-X)
^2 + (4460285-Y) ^2) * 95.1
+ @SQRT((460818-X) ^2+ (4548397-Y) ^2) * 252.78+ @SQRT((451947-X)
^2 + (4468751-Y) ^2) * 62.17+ @SQRT((656407-X) ^2 + (4524147-Y) ^2)
* 4067.45
+@SQRT((572763-X) ^2 + (4553972-Y) ^2) * 556.14+ @SQRT((363119-X) ^2
+ (4307375-Y) ^2) * 75.00+ @SQRT((572763-X) ^2 + (4553972-Y) ^2) *
172.00+ @SQRT((319103-X) ^2 + (4359537-Y) ^2) * 2.00
;
```

```
X >= 0;
Y >= 0;
X >= 167317 ;
X <= 716275 ;
Y <= 4625030 ;
Y >= 4029187 ;
@GIN(X);
```

@GIN(Y)

Αποτελέσματα

Local optimal solution found.

| | |
|--------------------------|---------------|
| Objective value: | 0.7235674E+09 |
| Objective bound: | 0.7235674E+09 |
| Infeasibilities: | 0.000000 |
| Extended solver steps: | 0 |
| Total solver iterations: | 208 |
| Elapsed runtime seconds: | 1.15 |

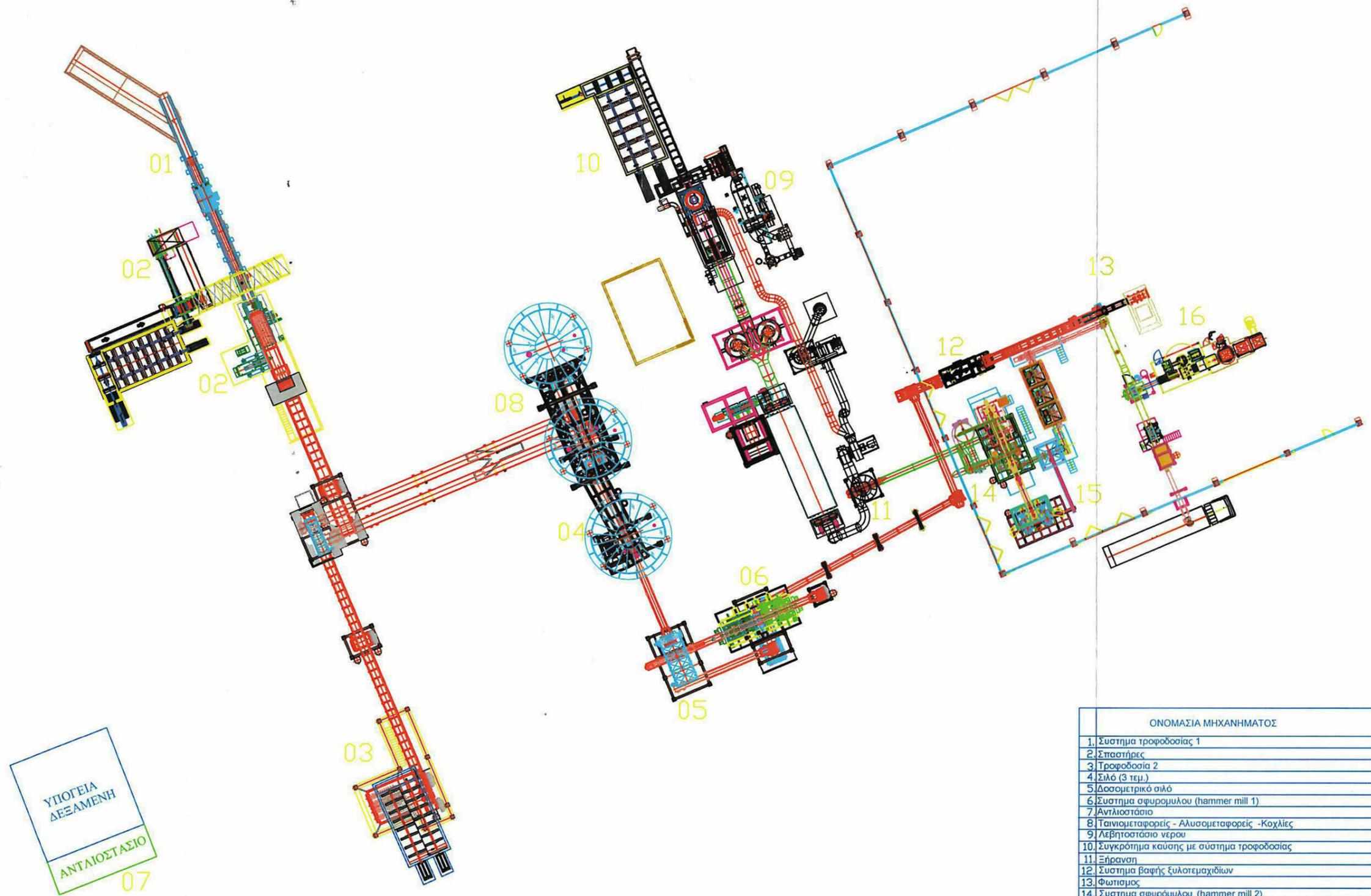
| | |
|--------------|-------|
| Model Class: | PINLP |
|--------------|-------|

| | |
|------------------------|---|
| Total variables: | 2 |
| Nonlinear variables: | 2 |
| Integer variables: | 2 |
| Total constraints: | 7 |
| Nonlinear constraints: | 1 |
| Total nonzeros: | 8 |
| Nonlinear nonzeros: | 2 |

| | Variable | Value | |
|--------------|----------|------------------|---|
| Reduced Cost | | | |
| | X | 656407.0 | - |
| 27.31245 | Y | 4524147. | - |
| 2671.551 | | | |
| | Row | Slack or Surplus | |
| Dual Price | | | |
| | 1 | 0.7235674E+09 | - |
| 1.000000 | 2 | 656407.0 | |
| 0.000000 | 3 | 4524147. | |
| 0.000000 | 4 | 489090.0 | |
| 0.000000 | 5 | 59868.00 | |
| 0.000000 | 6 | 100883.0 | |
| 0.000000 | 7 | 494960.0 | |
| 0.000000 | | | |

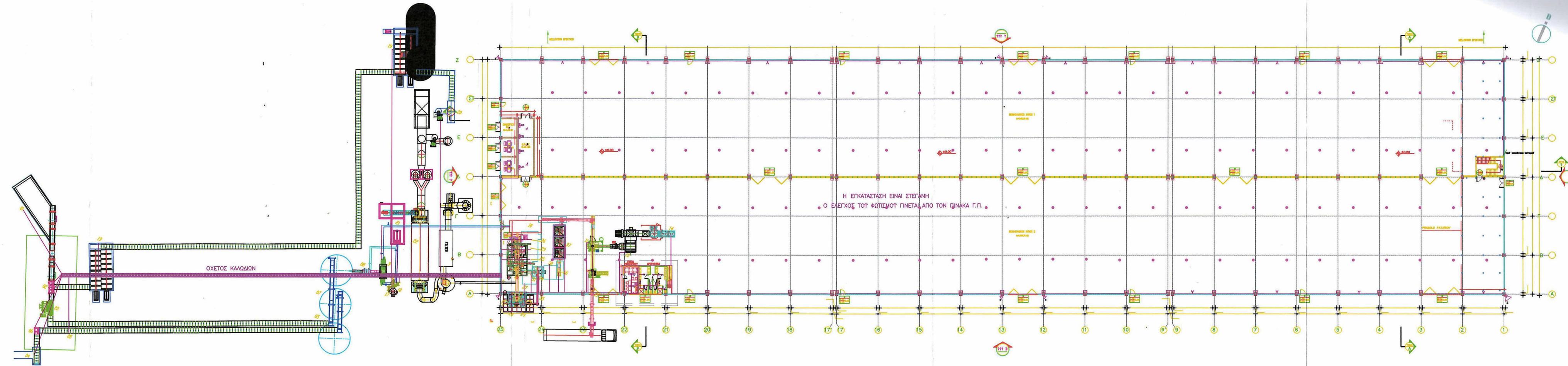
Βιβλιογραφία

1. Augusto U. and Gero B., 2009. Wood Pellet production costs and energy consumption under different framework condition.
2. Goldenberg J., 2009. World energy assessment , New York
3. Alakangas E., 2010. New European Pellet Standards, European Pellet Conference
4. Stahl M., 2008. Improving Wood fuels Pellets for Household use, Perspective on quality, efficiency and Environment
5. Tapaninen A., 2010. Wood pellet heating systems in the renewable Residential context, Tampere 2010, University of Technology
6. Schuller A.L. , 2004. Developing wood pellets sector study, Yorkshire
7. Nielsen N.P., Gardner D., Felby C, And Poulsen T, 2009. Importance of Temperature, Moisture Content and species for the conversion process of wood Residues into fuel Pellets, Wood and Fiber Science, Society of wood Science and Technology
8. Giacomo G.Di. and Taglieri I., 2010. Renewable energy benefits with conversion of woody residues to pellets. Department of Chemistry, Chemical engineering and Material University, L'Aquila
9. Heinimo J. And Jungiger M., 2008. Production and trading biomass for energy-An overview of global status. Biomass and Energy, Science Direct. Elsevier.
10. Biofuel Tech. 2011. A guide to Large Scale Biomass Production
11. Biofuel Tech. 2011. Complete technical guide on wood biomass Pellet Production
12. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2006. Στρατηγική Ε.Ε. για τα Βιοκαύσιμα
13. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2006. Πράσινη Βίβλος
14. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μηχανημάτων της γραμμής παραγωγής είναι της εταιρίας Andritz Feed and Biofuel , που εδρεύει στην Αυστρία.
15. Νομαρχία Δράμας, Τμήμα Ανάπτυξης και Βιομηχανίας, Αρχείο Αδειών Βιομηχανιών



| ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ | |
|----------------------|--|
| 1. | Σύστημα τροφοδοσίας 1 |
| 2. | Σπασήρες |
| 3. | Τροφοδοσία 2 |
| 4. | Σιλό (3 τεμ.) |
| 5. | Δοσομετρικό σιλό |
| 6. | Σύστημα σφυρομύλου (hammer mill 1) |
| 7. | Αντλιοστάσιο |
| 8. | Ταινιομεταφορές - Αλυσομεταφορές - Κοχλίες |
| 9. | Λεβητοστάσιο νερού |
| 10. | Συγκρότημα καύσης με σύστημα τροφοδοσίας |
| 11. | Ξήρανση |
| 12. | Σύστημα βαφής ξυλοτεμαχιδίων |
| 13. | Φωτισμός |
| 14. | Σύστημα σφυρομύλου (hammer mill 2) |
| 15. | Μηχανές κυβοποίησης (2 τεμ.) |
| 16. | Ενσάκιση-Συσκευασία |

| ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ | ΜΕΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ | | ΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ | |
|---|----------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| | Κινητή ισχύς (HP) | Θερμική ισχύς (Gcal/h-TWh) | ΠΟΣΟΤΗΤΑ | Θερμική ισχύς (Gcal/h-TWh) |
| 1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 1 | 64,00 | | 1 | 64,00 |
| 2. ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ | 19,00 | | 1 | 19,00 |
| 3. ΠΛΑΤΗΡΑΣ | 1144,00 | | 1 | 1144,00 |
| 4. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ 2 | 78,00 | | 1 | 78,00 |
| 5. ΤΑΙΝΙΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ-ΑΥΤΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ | 777,00 | | 1 | 777,00 |
| 6. ΚΟΣΚΙΝΟ (Screener) | 17,00 | | 1 | 17,00 |
| 7. ΣΠΩ (3 τμή) | 112,00 | | 3 | 336,00 |
| 8. ΚΟΣΚΙΝΟ 2 (Screener) | 24,00 | | 1 | 24,00 |
| 9. ΔΟΣΟΜΕΤΡΙΚΟ ΣΠΩ | 56,00 | | 1 | 56,00 |
| 10. ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΦΗΣ ΕΠΙΟΤΕΜΑΧΙΩΝ | 107,00 | | 1 | 107,00 |
| 11. ΕΝΡΑΚΤΩΣΤΙΚΗ ΜΙΚΡΩΝ ΣΑΚΩΝ | 25,00 | | 1 | 25,00 |
| 12. ΕΝΡΑΚΤΩΣΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΣΑΚΩΝ | 18,00 | | 1 | 18,00 |
| 13. ΠΑΛΕΤΟΠΟΙΗΤΗ | 17,00 | | 1 | 17,00 |
| 14. ΣΥΚΚΕΤΑΣΤΙΚΟ | 11,00 | | 1 | 11,00 |
| 15. ΤΑΙΝΙΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ-ΑΥΤΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ | 24,00 | | 1 | 24,00 |
| 16. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΦΥΡΟΜΥΛΩΤ (hammer mill 1) | 556,00 | | 1 | 556,00 |
| 17. ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ | 29,00 | | 1 | 29,00 |
| 18. ΚΥΚΛΩΝΑΣ | 1,00 | | 1 | 1,00 |
| 19. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΗΣ ΣΕ ΣΥΣΤ. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ | 144,00 | | 1 | 144,00 |
| 20. ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ | 113,00 | | 1 | 113,00 |
| 21. ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΣΥΡΑΝΤΗΡΑ | 24,00 | | 1 | 24,00 |
| 22. ΣΥΡΑΝΤΗΡΑΣ | 390,00 | 6,02-7,06 | 1 | 390,00 |
| 23. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΦΥΡΟΜΥΛΩΤ (hammer mill 2) | 375,00 | | 1 | 375,00 |
| 24. ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ | 29,00 | | 1 | 29,00 |
| 25. ΚΥΚΛΩΝΑΣ | 2,00 | | 1 | 2,00 |
| 26. ΔΟΣΟΜΕΤΡΙΚΟ ΣΠΩ | 13,00 | | 1 | 13,00 |
| 27. ΤΑΙΝΙΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ-ΑΥΤΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ | 64,00 | | 1 | 64,00 |
| 28. ΑΝΑΜΙΚΤΕΣ (2 τμή) | 33,90 | | 2 | 67,80 |
| 29. ΜΗΧΑΝΗ ΚΥΒΟΠΟΙΗΣΕΩΣ (2 τμή) | 402,00 | | 2 | 804,00 |
| 30. ΦΥΚΤΗΣ | 5,60 | | 1 | 5,60 |
| 31. ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ | 40,00 | | 1 | 40,00 |
| 32. ΚΥΚΛΩΝΑΣ | 2,00 | | 1 | 2,00 |
| 33. ΦΑΝΟΣ | 1,00 | | 1 | 1,00 |
| 34. ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΦΙΛΤΡΟΣ | 39,00 | | 1 | 39,00 |
| 35. ΤΑΙΝΙΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ-ΑΥΤΟΜΕΤΑΦΟΡΕΙΣ | 139,00 | | 1 | 139,00 |
| 36. ΚΟΣΚΙΝΟ | 13,00 | | 1 | 13,00 |
| 37. ΣΠΩ | 54,00 | | 1 | 54,00 |
| 38. ΑΝΤΑΙΟΣΤΑΣΙΟ | 107,00 | | 1 | 107,00 |
| ΣΥΝΟΛΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ | 5.764,41 | 6,02-7,06 | | 5.764,41 |
| | | | | 6,02-7,06 |





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000119018