



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ, ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΞΥΛΟΥ & ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ &
MANAGEMENT ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΞΥΛΟ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Αξιοποίηση ενεργειακών φυτών (Κενάφ-
Κάνναβη) για την παραγωγή θερμομονωτικών
μοριοπλακών»**

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΣΙΟΥΤΑ – ΑΜ: M013221012

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**ΝΤΑΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΜΗΤΑΝΗ ΑΝΤΡΟΜΑΧΗ
ΣΚΑΡΒΕΛΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ**

Καρδίτσα 2024

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Προηγμένες μέθοδοι σχεδιασμού, τεχνολογίας και μάνατζμεντ προϊόντων από ξύλο», του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η επίβλεψη της εν λόγω εργασίας, πραγματοποιήθηκε από τον κ. Γιώργο Νταλό, Καθηγητή του τμήματος δασολογίας, επιστημών ξύλου και σχεδιασμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Αντικείμενο της διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός και η μελέτη πάνελ τα οποία θα κατασκευαστούν με την χρήση των υλικών ΚΕΝΑΦ και βιομηχανική κάνναβης. Σκοπός της δημιουργίας αυτών των πάνελ είναι να μπορέσουν μέσα από εργαστηριακά πειράματα να μετρηθούν και να ελεγχθούν οι θερμομονωτικές τους ιδιότητες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου και τις ευχαριστίες προς όλους εκείνους οι οποίοι συνέβαλαν με ποικίλους τρόπους στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Οφείλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους καθηγητές του τμήματος κ.κ. Γεώργιο Νταλό και Μητάνη Αντρομάχη, οι οποίοι ως επιβλέποντες του πονήματός μου παρακολούθησαν την έρευνα και τη μελέτη από τα πρώτα της στάδια και χωρίς την πολύτιμη βοήθεια, τις συμβουλές και την ενθάρρυνσή τους θα ήταν δύσκολη η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Τέλος, οφείλω ευγνωμοσύνη στην οικογένειά μου για την κατανόηση, την υπομονή και τη στήριξη που έδειξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ - ABSTRACT	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	10
1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.	13
2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	13
2.1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	13
2.1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	14
2.2 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	16
2.2.1 ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	16
2.2.2 ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	18
2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	19
2.4 ΚΕΝΑΦ: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	22
2.4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	22
2.4.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ	23
2.4.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	25
2.5 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΝΝΑΒΗ: ΟΝΟΜΑΣΙΑ, ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	27
2.5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	27
2.5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ	29
2.5.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	32
2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΟΡΙΟΣΑΝΙΔΑΣ	34
2.7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (λ)	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	38
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	38
3.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	51
4.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	55
5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Θρυμματισμός υλικών ΚΑΠΕ.....	39
Πίνακας 2 Θρυμματισμός υλικών ΓΠΑ	39
Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά δειγμάτων.....	41
Πίνακας 4 Αποτελέσματα μονωτικών ιδιοτήτων.....	54
Πίνακας 5 Πίνακας Συντελεστών Διαφορετικών Δομικών Υλικών	56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Στάδια παραγωγής μοριοσανίδων.....	4141
Εικόνα 2 Προετοιμασία υλικού για την ανάμιξη	422
Εικόνα 3 Προετοιμασία υλικού για την ανάμιξη	422
Εικόνα 4 Ανάμιξη υλικού με συγκολλητική ουσία	433
Εικόνα 5 Ανάμιξη υλικού με συγκολλητική ουσία	433
Εικόνα 6 Ανάμιξη υλικού με συγκολλητική ουσία	433
Εικόνα 7 Ανάμιξη υλικού.....	4444
Εικόνα 8 Ανάμιξη υλικού.....	4444
Εικόνα 9 Ανάμιξη υλικού.....	4444
Εικόνα 10 Πρεσάρισμα υλικού.....	4545
Εικόνα 11 Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των πλακών .	4646
Εικόνα 12 Μονωτικές σανίδες.....	4747
Εικόνα 13 Μοριοσανίδα από ΚΕΝΑΦ (μη ρυπασμένο).....	4848
Εικόνα 14 Μοριοσανίδα από ΚΕΝΑΦ (μη ρυπασμένο).....	4848
Εικόνα 15 Μοριοσανίδα από κάνναβη (μη ρυπασμένο).....	4949
Εικόνα 16 Μοριοσανίδα από κάνναβη (ρυπασμένο).....	4949
Εικόνα 17 Μέτρηση μονωτικών ιδιοτήτων.....	500
Εικόνα 18 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 1a (Κάνναβη μη ρυπασμένη).....	511
Εικόνα 19 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 1b (Κάνναβη μη ρυπασμένη)	511
Εικόνα 20 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 2a (Κάνναβη ρυπασμένη).....	522
Εικόνα 21 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 2b (Κάνναβη ρυπασμένη).....	522
Εικόνα 22 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 3a (ΚΕΝΑΦ ρυπασμένο).....	533
Εικόνα 23 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 3b (ΚΕΝΑΦ ρυπασμένο)	533
Εικόνα 24 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 4a (ΚΕΝΑΦ μη ρυπασμένο).....	5454

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός και η μελέτη μοριοσανίδων, για την κατασκευή των οποίων έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, όπως είναι το ΚΕΝΑΦ και η βιομηχανική κάνναβη. Σκοπός της δημιουργίας των μοριοσανίδων αυτών είναι ο έλεγχος των ιδιοτήτων τους, με στόχο τη χρήση τους ως μονωτικό υλικό (θερμομονωτικές).

Η διπλωματική ξεκινά με μια ιστορική αναδρομή στις ενεργειακές καλλιέργειες καθώς και στη νομοθεσία που έχει θεσπιστεί για την ενεργειακή εξοικονόμηση, προσπαθώντας με αυτό τον τρόπο να τονίσει τις ανάγκες του πλανήτη και τα ενεργειακά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια εκτενέστερη αναφορά στα δύο υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των πάνελ, τα οποία είναι το ΚΕΝΑΦ και η βιομηχανική κάνναβη. Τα δύο αυτά υλικά επιλέχθηκαν καθώς είναι γνωστή η χρήση τους από παλαιότερα, σε διάφορους τομείς της βιοτεχνίας-βιομηχανίας όπως είναι η δημιουργία υφασμάτων.

Στην αναφορά που πραγματοποιείται για τα δύο αυτά υλικά στα επόμενα κεφάλαια, δεν αναφέρονται μόνο στη χρήση των υλικών, αλλά και στα χαρακτηριστικά του φυτού, καθώς και σε μελέτες και έρευνες σχετικά με την καλλιέργεια τους. Ο λόγος είναι να μπορέσει κανείς να αντιληφθεί πως ο τρόπος καλλιέργειας και επεξεργασίας του φυτού επηρεάζει σημαντικά στις ιδιότητες του.

Στα πλαίσια της διπλωματικής, δημιουργήθηκαν ορισμένες μοριοσανίδες των οποίων οι ιδιότητες ελέγχθηκαν μέσα από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια εργαστηριακών πειραμάτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ - ABSTRACT

The subject of this thesis is the design and study of particleboards , for the manufacture of which materials derived from energy crops, such as KENAF and industrial hemp, have been used. The purpose of creating these chipboards is to control their properties, with the aim of using them as an insulating material (heat-insulating plates).

Diplomacy begins with a historical review of energy crops as well as the legislation that has been established for energy conservation, thus trying to highlight the needs of the planet and the energy problems we face both at the European and global level.

Then a more extensive reference is made to the two materials used to create the panels, which are KENAF and industrial hemp. These two materials were chosen as their use has been known since ancient times, in various fields of craftsmanship such as the creation of textiles.

In the reference made to these two materials in the following chapters, they refer not only to the use of the materials, but also to the characteristics of the plant, as well as to studies and researches related to their cultivation. The reason is to be able to understand that the way the plant is cultivated and processed has a significant effect on its properties.

As part of the diploma, some chipboards were created whose properties were checked through measurements carried out during laboratory experiments.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας στον τομέα της ενέργειας είναι πολλές, με σοβαρό αντίκτυπο στην καθημερινότητα μας. Πιο συγκεκριμένα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι προκλήσεις αυτές περιλαμβάνουν ζητήματα όπως η αυξανόμενη εξάρτηση από τις εισαγωγές ενεργειακών πόρων, η περιορισμένη διαφοροποίηση, οι υψηλές και ασταθείς τιμές της ενέργειας, η διογκούμενη παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση, οι κίνδυνοι ασφάλειας για τις χώρες παραγωγής και διαμετακόμισης, οι αυξανόμενες απειλές της κλιματικής αλλαγής, η απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές, η βραδεία πρόοδος στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης, οι προκλήσεις που συνεπάγεται η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και η ανάγκη για μεγαλύτερη διαφάνεια, περαιτέρω ολοκλήρωση και διασύνδεση στις αγορές ενέργειας. (Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, 2023)

Με σκοπό την επίτευξη μιας ολοκληρωμένης και ασφαλούς αγοράς ενέργειας, η ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική εξετάζει διάφορα μέτρα ώστε να καταστεί βιώσιμος ο τομέας της ενέργειας. (Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση, 2023)

Οι πέντε κύριοι στόχοι της ενεργειακής πολιτικής σύμφωνα με την Ενεργειακή Ένωση αποσκοπούν:

- στη διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας της Ευρώπης, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ενεργειακή ασφάλεια μέσω της αλληλεγγύης και της συνεργασίας των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης
- στη διασφάλιση της λειτουργίας μιας πλήρως ολοκληρωμένης εσωτερικής αγοράς ενέργειας, με σκοπό να καταστεί δυνατή η ελεύθερη ροή ενέργειας στην ΕΕ μέσω κατάλληλων υποδομών και χωρίς τεχνικούς ή ρυθμιστικούς φραγμούς
- στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στη μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές ενέργειας, στη μείωση των εκπομπών και στην προώθηση της απασχόλησης και της ανάπτυξης
- στην απαλλαγή της οικονομίας από τις ανθρακούχες εκπομπές και τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών
- στην προώθηση της έρευνας σε τεχνολογίες χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών και καθαρές μορφές ενέργειας, και στην ιεράρχηση της έρευνας

και της καινοτομίας για την προώθηση της ενεργειακής μετάβασης και τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι ένας πολλά υποσχόμενος τομέας, με ραγδαία εξέλιξη στον κλάδο ενέργειας. Ο όρος ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνει τα καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ή σπόρο ως κύριο προϊόν, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα της ενέργειας. Μερικές από τις εφαρμογές που μπορεί να έχει αυτό προϊόν είναι παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες σύμφωνα με την διάρκεια ζωής τους, τις ετήσιες και τις πολυετείς. Στις ετήσιες καλλιέργειες συγκαταλέγονται το σακχαρούχο ή γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), το ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), το κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.), η ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.), ο ηλιάνθος (*Helianthus annuus* L.), καθώς και η βραστική η αιθίοπια (*Brassica carinata* L. Braun).

Οι πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε γεωργικά και δασικά είδη. Μερικά από τα γεωργικά είδη πολυετείς καλλιέργειας που συναντάμε είναι η αγριοαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.), το καλάμι (*Arundo donax* L.) και ο μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*), ενώ στα δασικά είδη συναντάμε τον ευκάλυπτο (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E. globulus* Labill.) και την ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*).

Η αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων αναμένεται να επιφέρει αρκετά οφέλη στον συγκεκριμένο κλάδο μειώνοντας την εξάρτηση της Ευρώπης από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, περιστέλλοντας τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, προσφέροντας παράλληλα νέες οικονομικές δυνατότητες και επιλογές σε καλλιεργητές.

Στην Ελλάδα οι εναλλακτικές καλλιέργειες εμφανίστηκαν περίπου πριν από μία εικοσαετία. Παρά το γεγονός ότι δεν υπήρχαν αρκετά δεδομένα στους καλλιεργητές στην αρχή, το ενδιαφέρον για τις ενεργειακές καλλιέργειες αυξήθηκε, αλλά ο μελλοντικός τους ρόλος δεν έχει ξεκαθαριστεί πλήρως.

Με σκοπό να μπορέσουν να δώσουν αρκετές πληροφορίες και στοιχεία για τον βιολογικό κύκλο ζωής των καλλιεργειών, κατά τη δεκαετία 1990 με 2000 πραγματοποιήθηκαν διάφορα πειράματα σε αρκετές ποικιλίες, σχετικά με την προσαρμογή και την παραγωγή των φυτών. Με σκοπό την συλλογή περισσότερων στοιχείων για την εξέλιξη και την βελτιστοποίηση των μεθόδων παραγωγής και

εφαρμογής τους, πραγματοποιούνται ακόμα και σήμερα, πειράματα και μελέτες σχετικά με τις εισροές, τις χρήσεις προϊόντων κ.α.

1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Εξετάζοντας τις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη μας κρίθηκε αναγκαία η αναζήτηση νέων υλικών περισσότερων φιλικών προς το περιβάλλον, ειδικά σε έναν τομέα όπως τον κατασκευαστικό, ο οποίος αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ενεργειακή κατανάλωση μιας χώρας.

Στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός και η μελέτη μοριοσανίδων, με τη χρήση υλικών που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, τα οποία με κατάλληλες επεξεργασίες θα χρησιμοποιηθούν σαν μονωτικές πλάκες (θερμομονωτικές).

Για την εν λόγω πτυχιακή εργασία τα υλικά που επιλέχθηκαν είναι το ΚΕΝΑΦ και η βιομηχανική κάνναβη, καθώς και τα δύο αποτελούν φυτά ενεργειακής καλλιέργειας.

Τα δύο αυτά υλικά επιλέχθηκαν καθώς είναι γνωστή η χρήση τους από παλαιότερα, σε διάφορους τομείς της βιοτεχνίας όπως είναι η δημιουργία υφασμάτων.

Για τις ανάγκες της διπλωματικής σχεδιάστηκε και διεξήχθη πείραμα, όπου απαραίτητη ήταν η δημιουργία μοριοσανίδων κατασκευασμένων από τα υπό εξέταση υλικά.

Η δημιουργία των μοριοσανίδων αυτών αποσκοπεί στον έλεγχο των ιδιοτήτων τους, ο οποίος θα πραγματοποιηθεί μέσα από εργαστηριακές μετρήσεις, με στόχο τη χρήση των συγκεκριμένων υλικών ως μονωτικές πλάκες (θερμομονωτικές).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.

2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

2.1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Στις μέρες μας γίνεται όλο και πιο έντονο το ενεργειακό πρόβλημα, το οποίο μάλιστα αποτελεί παγκόσμιο φαινόμενο. Εξαιτίας αυτού του προβλήματος έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετά χρόνια η αναζήτηση νέων πιο βιώσιμων πηγών ενέργειας.

Η αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων μπορεί να αποφέρει αρκετά οφέλη, όπως είναι η μείωση της ανάγκης για εισαγωγή ορυκτών καυσίμων, η μείωση στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, η παροχή νέων διεξόδων και νέων οικονομικών δυνατοτήτων στους καλλιεργητές. (European Commission, 2006)

Στη χώρα μας οι εναλλακτικές καλλιέργειες εμφανίστηκαν πριν από περίπου πέντε χρόνια. Πρόσφατα όμως το ενδιαφέρον για τις ενεργειακές καλλιέργειες αυξήθηκε σημαντικά. Δυστυχώς όμως ο ρόλος τους στο μέλλον δεν είναι ξεκάθαρος.

Σύμφωνα με μελέτες, η ενέργεια που προέρχονταν από ανανεώσιμες πηγές το 1998 στην Ελλάδα αποτελούσε μόλις το 5% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας ή το 2,8% αυτής, χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνεται και το ποσοστό της ενέργειας το οποίο παράγεται από μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2002)

Με σκοπό την αύξηση την παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, η πολιτεία όρισε με τους Νόμους 2244/94 και 2702/99 το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) ως το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο στους τομείς δραστηριότητάς του.

Ο κύριος σκοπός του Κ.Α.Π.Ε. είναι η προώθηση των εφαρμογών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (Ο.Χ.Ε.) και την εξοικονόμηση ενέργειας (Ε.Ε.) σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Ακόμα, το Κ.Α.Π.Ε. είναι αρμόδιο για κάθε είδους υποστήριξη δραστηριοτήτων στους παραπάνω τομείς περιλαμβάνοντας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που πιθανό να υπάρξουν.

Πιο συγκεκριμένα, το Κ.Α.Π.Ε. ασχολείται με τη μελέτη της εφαρμογής διαφόρων νέων πηγών ενέργειας στον ελληνικό χώρο. Η μελέτη αυτή δεν αφορά μόνο το παραγωγικό δυναμικό, αλλά εξετάζει και τον απαραίτητο τεχνολογικό εξοπλισμό

που απαιτείται και τα οικονομικά χαρακτηριστικά της χρήσης των νέων ενεργειακών πηγών.

Λόγω των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην Ελλάδα, οι πιο πολλά υποσχόμενες ενεργειακές πηγές θεωρούνται η ηλιακή και η αιολική ενέργεια.

Σήμερα, η κυβέρνηση με σκοπό την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δίνει πολλά οικονομικά κίνητρα είτε με τη μορφή άμεσων επιδοτήσεων είτε με τη μορφή φορολογικών ελαφρύνσεων. Ακόμα, παρατηρούνται προσπάθειες για τη μείωση του κόστους εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών.

2.1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Με τον όρο ενεργειακές καλλιέργειες ονομάζονται οι καλλιέργειες των φυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιομάζας ή σπόρου, που μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών όπως είναι για παράδειγμα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή υγρών βιοκαυσίμων. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2002)

Γενικότερα οι καλλιέργειες των φυτών των οποίων τα προϊόντα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας, θεωρούνται ενεργειακές καλλιέργειες.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες κατηγοριοποιούνται σε δασικές ή γεωργικές, ενώ ανάλογα με το βιολογικό κύκλο των φυτών σε ετήσιες ή πολυετείς. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2002)

Ένας ακόμα διαχωρισμός των ενεργειακών φυτών είναι ο τρόπος εκμετάλλευσης του παραγόμενου ποσού βιομάζας. Ανάλογα λοιπόν με τον τρόπο εκμετάλλευσης διακρίνονται:

- Καλλιέργεια ειδών με σκοπό την παραγωγή στερεής βιομάζας (ευκάλυπτος, ψευδακακία, καλάμι, μίσχανθος, σόργο, κενάφ, switchgrass κ.α.)
- Καλλιέργεια ειδών πλούσια σε άμυλο και σάκχαρα με σκοπό την παραγωγή αιθανόλης
- Καλλιέργεια ειδών με μεγάλη περιεκτικότητα σε έλαια με σκοπό την παραγωγή βιοντίζελ (ηλίανθος, γλυκό σόργο, σιτάρι, αραβόσιτος κ.α.)
- Καλλιέργεια ειδών με σκοπό την παραγωγή βιοαερίου (αγκινάρα, σόργο, αραβόσιτος κ.α.)

Ορισμένα φυτικά είδη θεωρούνται καταλληλότερα για την ενεργειακή καλλιέργεια. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν στην επιλογή του είδους είναι ο ρυθμός ανάπτυξης του φυτού, η γεωγραφική θέση και το κλίμα που επικρατεί.

Η γεωγραφική θέση και το κλίμα σχετίζονται με το ύψος των βροχοπτώσεων, τη δυνατότητα και ευκολία παροχής νερού, την ετήσια μεταβολή θερμοκρασίας και τη σύσταση του εδάφους, παρέχοντας στοιχεία για τις θρεπτικές ουσίες που περιέχει.

Αντίστοιχα με τις παραδοσιακές καλλιέργειες, και οι ενεργειακές απαιτούν φροντίδα με ειδικά μηχανήματα, το πολλαπλασιαστικό υλικό, τα λιπάσματα και τις φυτοπροστατευτικές ουσίες που χρειάζονται σε μια καλλιέργεια.

Με στόχο την περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική αειφορική ικανότητα των ενεργειακών καλλιεργειών, έχουν προταθεί διάφορα πρότυπα και μεθοδολογίες, όμως η συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων είναι μάλλον δύσκολη και σύνθετη.

Μια απλουστευμένη προσέγγιση, είναι η ανάλυση των διαθέσιμων στοιχείων σχετικά με τις εισροές και τις εκροές, με σκοπό τον έλεγχο και στη συνέχεια την αναγωγή τους σε αναλογία ενέργειας και ενεργειακού κέρδους (εκροές-εισροές). (Nonhebel, 2002)

Γενικά, το ενεργειακό κέρδος είναι ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς είναι πιθανόν να παρουσιάζεται μια υψηλή αναλογία εκροών – εισροών, όμως η πραγματική παραγωγή μπορεί να είναι τόσο μικρή, που να μην αντιπροσωπεύει οποιοδήποτε εμπορικό ενδιαφέρον.

Η προσέγγιση αυτή όμως δεν εξετάζει τις διαφορές στις γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται, όπως επίσης δεν εξετάζεται και η μοναδικότητα κάθε πηγής ενέργειας, παραλείποντας κατά συνέπεια κάποιες σχετικές πληροφορίες. (Piero and Venturi, 2003)

Μόνο οι καλλιέργειες, στις οποίες οι εκροές ενέργειας είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες εισροές, θεωρούνται ως ενεργειακές καλλιέργειες και μπορούν να παρουσιάσουν ένα ενδιαφέρον για ανάπτυξη. (Nonhebel, 2002)

Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα φυτών που χρησιμοποιούνται ως παραδοσιακές καλλιέργειες, όπως είναι η ελαιοκράμβη και ο ηλιάνθος για παραγωγή biodiesel, τα δημητριακά για τη ζύμωση σε αιθανόλη, καθώς επίσης και η κάνναβη και το kenaf που καλλιεργούνται για την ίνα, και τα οποία προσαρμόζονται αυτήν την περίοδο για την ενεργειακή παραγωγή.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες επηρεάζουν το τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο περιβάλλον, καθιστώντας την περιβαλλοντική και οικονομική αειφορική

ικανότητα δύο πολύ σημαντικούς παράγοντες. (Hanegraaf, Biewinga, & van der Bijl, 1998)

2.2 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.2.1 ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

Εκτιμάται ότι στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 21% του συνόλου των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου τα οποία συμβάλλουν στη θέρμανση του πλανήτη μας, οφείλονται στις μεταφορές. Με το ποσοστό αυτό να αυξάνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. (Ψωμάς, 2003)

Γίνεται κατανοητό λοιπόν ότι είναι απαραίτητο να εξασφαλισθούν οι στόχοι αειφορίας που ορίζονται από τα θεσμικά πλαίσια που έχουν θεσπιστεί, και ειδικότερα η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, σύμφωνα με τους όρους που αναφέρονται στο Πρωτόκολλο του Κιότο.

Για το λόγο αυτό, έχουν ήδη παρθεί ορισμένες αποφάσεις για ενέργειες που πρέπει να υλοποιηθούν στα πλαίσια του πρόσφατου σχεδίου δράσης για τη βιομάζα.

Συγκεκριμένα, στον πρωτογενή τομέα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επεκτείνει την πριμοδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών, δίνοντας με τον τρόπο αυτό κίνητρα στους καλλιεργητές, για την παραγωγή πρώτων υλών με σκοπό τη χρήση σε παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Τα στοιχεία που παίρνουμε για την εξέλιξη της παραγωγής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ, δείχνουν ότι η ζήτηση ενεργειακών καλλιεργειών παρουσιάζει άνοδο και μάλιστα φαίνεται ότι πρόκειται να αυξηθεί περισσότερο μέσα στα επόμενα έτη.

Το τρέχον θεματολόγιο πολιτικής βασίζεται στις ανησυχίες για την ενεργειακή ασφάλεια και στην ευθυγράμμιση των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια και το κλίμα, όπως προτάθηκε τον Ιούλιο του 2021 στη δέσημη προσαρμογής στο στόχο του 55%, μεταξύ άλλων:

- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2030 κατά 55% τουλάχιστον, σε σύγκριση με το 1990
- μείωση των καθαρών μηδενικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050.

Οι ισχύοντες ενεργειακοί στόχοι για το 2030, που συμφωνήθηκαν τον Οκτώβριο του 2014 και αναθεωρήθηκαν τον Δεκέμβριο του 2018, είναι οι εξής:

- αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση σε 32%
- βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 32,5%
- διασύνδεση του 15% τουλάχιστον των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ.

Οι νέοι προτεινόμενοι ενεργειακοί στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2030, οι οποίοι συμφωνήθηκαν ανεπίσημα τον Μάρτιο του 2023, περιλαμβάνουν:

- αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση σε 42.5% με στόχο την επίτευξη του 45%
- μείωση κατά 11,7% για την κατανάλωση πρωτογενούς και τελικής ενέργειας στην ΕΕ, σε σύγκριση με τις προβλέψεις του 2020 για το 2030, η οποία ισοδυναμεί με 40,5% και 38% αντίστοιχα σε σύγκριση με τις προβλέψεις του 2007.

Ένα μεγάλο κομμάτι που συμπεριέλαβαν στο θεσμικό πλαίσιο που θεσπίστηκε αφορούσε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι πηγές που μπορούν να παρέχουν ενέργεια και υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούνται από την ηλιακή, την αιολική, την ωκεάνια και την υδροηλεκτρική ενέργεια, καθώς και από την βιομάζα και τα βιοκαύσιμα.

Οι αρχές της πολιτικής που ακολουθεί η ΕΕ όσον αφορά τον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας περιλαμβάνουν την διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού, την ανάπτυξη εγχώριων πηγών ενέργειας με στόχο την διασφάλιση της ασφάλειας του εφοδιασμού και την μείωση της εξωτερικής ενεργειακής εξάρτησης.

Μάλιστα μετά την πρόσφατη απόφαση για σταδιακή κατάργηση των ρωσικών εισαγωγών ενέργειας, οι οποίες αποτελούσαν ένα μεγάλο κομμάτι της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, η ισχύουσα εξωτερική ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης βασίζεται στη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού της.

Κομβικό σημείο για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού αποτέλεσε η ρωσική εισβολή στην Ουκρανία τον Φεβρουάριο του 2022, όπου και κατέστη η κύρια ενεργειακή προτεραιότητα.

2.2.2 ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα, τον Δεκέμβριο του 2005 ψηφίστηκε ένας νέος νόμος στην Βουλή (άρθρο 8 του Ν.3423) που αφορούσε στην εισαγωγή βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά. Ο νόμος αυτός ήταν βασισμένος στο σχέδιο δράσης για τη βιομάζα που υπήρχε, και ενσωμάτωσε στην ελληνική νομοθεσία τον στόχο της Ε.Ε. για συμμετοχή των βιοκαυσίμων στην παραγωγή ενέργειας, με ποσοστό 5,75% για το έτος 2010.

Με σκοπό την αύξηση του ενδιαφέροντος για ενεργειακές καλλιέργειες υπήρξαν διάφορες ελαφρύνσεις και επενδυτικά κίνητρα, όπως η ειδική διάταξη (άρθρο 34 του Ν. 3340/2005) σύμφωνα με την οποία προβλεπόταν ότι «ο συντελεστής του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης ορίζεται σε Ο ευρώ ανά χιλιόλιτρο» για καθορισμένες ετήσιες συνολικές ποσότητες βιοντίζελ για τα έτη 2005 (51 εκατομμ. λίτρα), 2006 (91 εκατομμ. λίτρα) και 2007 (114 εκατομμ. λίτρα).

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων στην Ελλάδα, πρέπει να σημειωθεί, ότι η Κοινοτική Οδηγία για τα βιοκαύσιμα συστήνει ελάχιστο ποσοστό βιοκαυσίμων στο σύνολο των υγρών καυσίμων που καταναλώνονται στη χώρα.

Στον ελληνικό αγροτικό τομέα, όμως, η παραγωγή, η μεταφορά και η διάχυση τεχνογνωσίας και καινοτομιών παρουσιάζει ανεπάρκειες και δυσκολίες προσαρμογής στα δεδομένα της χώρας μας. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ανεπάρκεια των μηχανισμών σύνδεσης της έρευνας με την παραγωγή, με αποτέλεσμα η τεχνογνωσία και οι καινοτομίες να μην βρίσκουν πρόσφορο έδαφος για την πραγματοποίηση νέων εξελίξεων στο χώρο της γεωργίας, των τροφίμων και της ενέργειας (Τροφίμων, 2006)

Στα επόμενα χρόνια εκτιμάται ότι η παραγωγή του πρωτογενούς τομέα θα προσανατολιστεί σε ανταγωνιστικά προϊόντα συνδυάζοντας μεθόδους παραγωγής χαμηλού κόστους, περιβαλλοντικά φιλικές και κοινωνικά αποδεκτές.

Στην Ελλάδα έχουν αναπτυχθεί αρκετές πρωτοβουλίες για ίδρυση μονάδων παραγωγής βιοντίζελ. Ένα μεγάλο έργο που αφορά την αξιοποίηση της βιομάζας στη χώρα μας αποτελεί ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο, το οποίο αντλείται από τον όγκο των απορριμμάτων που εναποτίθενται στη Χωματερή Άνω Λιοσίων.

Ο σταθμός των Άνω Λιοσίων αποτελεί ένα από τους μεγαλύτερους σταθμούς που χρησιμοποιεί βιοαέριο ως καύσιμο, παγκοσμίως. Η μονάδα έχει τη δυνατότητα να

παρέχει 8000 κυβικά μέτρα ανά ώρα [m^3/h] βιοαερίου ενώ παράγει και ηλεκτρισμό (ισχύς 13 μέγα βατ [MW]) και θερμότητα (16 μέγα βατ [MW]). (Χωραφά, 2003)

Στην χώρα μας η χρήση βιομάζας έχει εφαρμογή στη θέρμανση θερμοκηπίων, στη θέρμανση κτιρίων, στην παραγωγή θερμότητας για ξήρανση σε εκκοκκιστήρια, στην παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες καθώς και στην τηλεθέρμανση. (Χωραφά, 2003)

Σύμφωνα με το σενάριο που προτάθηκε από την Ομάδα Εργασίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης για τον εντοπισμό των διαθέσιμων εκτάσεων για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, μια καλή ενεργειακή καλλιέργεια μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερο εισόδημα από τις συμβατικές καλλιέργειες.

Το σενάριο προβλέπει ότι θα υπάρξει αντικατάσταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σιτηρών κατά 15-20% (περίπου 1,8 εκατ. στρέμματα) και η παραγωγή του βιοντίζελ θα φτάσει έως και 180.000 χιλιόλιτρα.

Την περίοδο 2006-2007 καλλιεργήθηκαν στη χώρα μας περίπου 10.000- 15.000 στρέμματα, κυρίως σε Θεσσαλία, Κεντρική, Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Στην πρόταση προκρίνονται 14 νόμοι στους οποίους θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν αρχικά ελαιοκράμβη και ηλίανθο.

Τέλος, στη χώρα μας, όσον αφορά την παραγωγή μη ενεργειακών προϊόντων όπως χαρτί, πολυμερή, χημικά, κόλλες και οργανικοί διαλύτες, δεν υπάρχει κάποιο επιχειρηματικό ενδιαφέρον προς το παρόν. Οι μόνες αναφορές που παρουσιάζονται είναι σε ερευνητικό επίπεδο μέσα από ευρωπαϊκά ενεργειακά δίκτυα και προγράμματα.

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Οι χρήσεις της βιομάζας ποικίλουν με αποτέλεσμα τα οφέλη της ενεργειακής καλλιέργειας να είναι αρκετά. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αναγκών θερμότητας και ηλεκτρισμού σε γεωργικές ή άλλες βιομηχανίες που βρίσκονται κοντά σε πηγές παραγωγής βιομάζας, όπως για παράδειγμα η θέρμανση θερμοκηπίων και κτηνοτροφικών μονάδων, αλλά και η ξήρανση γεωργικών προϊόντων.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη τοπικών αναγκών και αναγκών τηλεθέρμανσης σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε τόπους παραγωγής βιομάζας θεωρείται ένας πολλά υποσχόμενος τομέας, που

φαίνεται ότι μελλοντικά θα αποτελέσει έναν από τους κύριους τομείς αξιοποίησης των ποσοτήτων βιομάζας.

Η αξιοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά οφέλη καθώς θεωρείται ένα ανεξάντλητο υλικό. Ένα ακόμα θετικό της βιομάζας είναι ότι θεωρείται ως ένα ουδέτερο καύσιμο αφού το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που παράγεται κατά την χρήση του, δεσμεύεται ξανά από τα φυτά κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι με την χρήση της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας αποφεύγεται η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO_2) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων, καθώς η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο θεωρείται αμελητέα.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2002):

- Η θετική συνεισφορά όσον αφορά το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους
- Διαχείριση νερού
- Χαμηλές εισροές σε λιπάσματα, φυτοφάρμακα κλπ.
- Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας
- Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο

Ακόμα, με ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, πέρα από το περιβαλλοντικό όφελος, επιτυγχάνονται τα εξής:

- Προσφορά εναλλακτικών λύσεων στις καλλιεργητικών για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι είναι πιθανή η λήψη επιδοτήσεων.
- Ενδυνάμωση του πρωτογενούς τομέα καθώς αυξάνονται οι ανάγκες για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού, που θα υποστηρίξουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Γεγονός που μπορεί να οδηγήσει και στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
- Αύξηση του αγροτικού εισοδήματος σε σχέση με τα εισοδήματα που απορρέουν από συμβατικές καλλιέργειες.

- Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων περιοχών της χώρας μέσα από την βελτίωση της ζωής των αγροτικών περιοχών που πλήττονται συγκριτικά με τον αστικό ιστό.
- Εξασφάλιση αειφόρου περιφερειακής ανάπτυξης. Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, συμβάλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές.
- Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο.

Η ενεργειακή καλλιέργεια μπορεί να αριθμεί αρκετά πλεονεκτήματα, υπάρχουν όμως και ορισμένα μειονεκτήματα που χρειάζεται να λάβει κανείς υπόψη.

Τα μειονεκτήματα της βιομάζας κατά κύριο λόγο σχετίζονται με την διαχείριση και την εκμετάλλευση της. Εξαιτίας του μεγάλου όγκου, είναι δύσκολη η συλλογή, η επεξεργασία, η μεταφορά και η αποθήκευσή της.

Ακόμα, ένα σημαντικό πρόβλημα που δημιουργείται αφορά στην αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία, η οποία καθορίζει και τον τρόπο επεξεργασίας της βιομάζας.

Τα κύρια μειονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2002):

- Αυξημένος όγκος και περιεκτικότητα σε υγρασία
- Δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση
- Μικρό ενεργειακό περιεχόμενο
- Απαίτηση μεγάλων εδαφικών εκτάσεων για την παραγωγή της
- Υψηλότερο κόστος εξοπλισμού

Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται στην ενεργειακή καλλιέργεια μπορούν να συρρικνωθούν με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις κατάλληλες οικονομοτεχνικές αναλύσεις. Η κατάλληλη αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να αποφέρει σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, στην κοινωνία μας. Ειδικά την σημερινή εποχή όπου οι τιμές των συμβατικών καυσίμων τείνουν σε ανοδική και συγχρόνως ασταθή πορεία.

2.4 ΚΕΝΑΦ: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κενάφ είναι φυτό με ευρεία χρήση, καθώς όλα τα τμήματά του (βλαστός, φύλλα, σπόροι) μπορούν μέσα από κατάλληλη επεξεργασία, να χρησιμοποιηθούν σε πολλές βιομηχανικές και ενεργειακές εφαρμογές.

Η ακριβής προέλευση του κενάφ δεν είναι γνωστή. Από τις διάφορες αναφορές που υπάρχουν για το συγκεκριμένο φυτό πιθανολογείται ότι προέρχεται από την Βόρεια Αφρική (περιοχές του Σουδάν). Σύμφωνα με τις ίδιες αναφορές, το κενάφ χρησιμοποιείται για περισσότερο από 6000 χρόνια στην κατασκευή σχοινιού και σπάγκου, αλλά και ως τροφή ζώων.

Συγκεκριμένα, οι μακριές ίνες του εξωτερικού φλοιού (bark) συνήθως χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή σχοινιού, ενώ τα φύλλα και οι κορυφές του, για τροφή των ζώων. (J. Janick & A. Whipkey, 2002)

Κατά τη διαδικασία διαβροχής, οι μακριές, ισχυρές ίνες φλοιού διαχωρίζονταν από το υπόλοιπο υλικό του φλοιού με μια φυσική βακτηριακή διαδικασία διαβροχής.

Στην συνέχεια, έκοβαν κοτσάνια του φυτού στο επίπεδο του εδάφους και είτε τα έδεναν σε δέσμες με το φλοιό ακόμα συνδεδεμένο, είτε ο φλοιός αφαιρούνταν και δένονταν μεταξύ τους χωρίς τα κοτσάνια. Το επόμενο βήμα ήταν να τοποθετήσουν τις δέσμες σε λίμνες ή σε αργά κινούμενα ρεύματα για να επιτραπεί η αποικοδόμηση και η απομάκρυνση του ξένου υλικού γύρω από τους κλώνους των ινών του φλοιού.

Μόλις ολοκληρωνόταν η διαδικασία επαναβαφής, αφαιρούσαν τους κλώνους των ινών με σκοπό να στεγνώσουν και στη συνέχεια να γίνουν σπάγκοι, οι οποίοι μπορούσαν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία και να μετατραπούν σε σχοινί ή σάκο.

Οι μη ινώδεις φυλλώδεις κορυφές και τα φύλλα από το υπόλοιπο φυτό συγκομίζονταν συχνά πριν ή σε συνδυασμό με τη συγκομιδή των ινών του φλοιού για ζωοτροφή. (J. Janick & A. Whipkey, 2002)

Η διαδικασία παραγωγής και επεξεργασίας του κενάφ ουσιαστικά παρέμεινε αμετάβλητη για χιλιάδες χρόνια, από τη στιγμή που εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη βόρεια Αφρική, μέχρι την εισαγωγή του στην Ινδία πριν από 200 χρόνια, στη Ρωσία το 1902 και στην Κίνα το 1935. (Dempsey, 1975)

Περίπου στα μέσα του εικοστού αιώνα, αναπτύχθηκαν νέες καλλιεργητικές τεχνικές, χρησιμοποιώντας σύγχρονο εξοπλισμό συγκομιδής και νέες μεθόδους επεξεργασίας, με σκοπό την αύξηση παραγωγής και της ποιότητας των ινών του φυτού.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1950 και στις αρχές του 1960, μετά από αξιολόγηση πολλών φυτικών ειδών διαπιστώθηκε ότι το κενάφ είναι μια άριστη πηγή κυτταρίνης, η οποία μπορούσε παράγει μια μεγάλη γκάμα από προϊόντα χαρτιού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μέσα από αυτές τις αξιολογήσεις διαπιστώθηκε ότι η πολτοποίηση του κενάφ απαιτούσε λιγότερη ενέργεια και χημικές ουσίες κατά την διαδικασία της επεξεργασίας, συγκριτικά με τις τυπικές πηγές ξύλου. (J. Janick & A. Whipkey, 2002)

Σημαντική προϋπόθεση για μια κερδοφόρα καλλιέργεια του κενάφ, είναι η κατάλληλη επιλογή και χρήση της ποικιλίας του σπόρου. Στην Αμερική, έχουν αναπτυχθεί ποικιλίες, οι οποίες είναι κατάλληλες για παραγωγή ίνας με υψηλής απόδοσης σε βλαστούς σε ύψος και μάζα και με μειωμένη διακλάδωση του βλαστού. Η ποικιλίες αυτές όμως δεν ενδείκνυται για χρήση σε παραγωγή χαρτιού.

Τα χρήσιμα συστατικά του φυτού κενάφ περιλαμβάνουν τους μίσχους (φλοιός και πυρήνας), τα φύλλα και τους σπόρους. Οι συνδυασμένες ιδιότητες αυτών των συστατικών (κλώνοι ινών φλοιού και ίνες φλοιού, το υλικό του πυρήνα και οι μεμονωμένες ίνες του πυρήνα, και η χημεία των φύλλων και των ελαίων), παρέχουν άφθονη πιθανή ποικιλία προϊόντων για τη συνέχιση της χρήσης και ανάπτυξης αυτής της καλλιέργειας.

Πέρα από τις ποικίλες νέες χρήσεις του κενάφ, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης του σε προϊόντα χαρτιού, οικοδομικά υλικά, απορροφητικά, υφάσματα και ζωοτροφές, η εμπορική επιτυχία του κενάφ έχει σημαντικά πιθανά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη στους τομείς της αποκατάστασης του εδάφους, του καθαρισμού τοξικών αποβλήτων, της απομάκρυνσης πετρελαιοκηλίδων στο νερό, μειωμένη χρήση χημικών και ενέργειας για την παραγωγή χαρτιού, μεγαλύτερη ποιότητα ανακυκλωμένου χαρτιού, μειωμένη διάβρωση του εδάφους λόγω ανέμου και νερού, αντικατάσταση ή μειωμένη χρήση υαλοβάμβακα σε βιομηχανικά προϊόντα και αυξημένη χρήση ανακυκλωμένων πλαστικών.

2.4.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ

Το κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.) είναι ένα φυτό ετήσιας καλλιέργειας που συναντάμε σε περιοχές με θερμό κλίμα. Ανήκει στην οικογένεια Malvaceae και είναι συγγενές με το βαμβάκι, τη μπάμια και τον ιβίσκο. Ο βιολογικός κύκλος ζωής του

φυτού είναι μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Τα στελέχη του αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους. Οι ίνες αυτές μάλιστα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή χαρτιού ανώτερης ποιότητας.

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους έχουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του φυτού και των ιδιοτήτων του. Το κενάφ για να ευδοκιμήσει χρειάζεται αμμοπηλώδη εδάφη, ουδέτερης αντίδρασης, καλά στραγγιζόμενα, με οργανική ουσία καλής ποιότητας. Η προσαρμοστικότητα του όμως καθιστά εφικτή την καλλιέργεια του φυτού σε ένα μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών. (LeMahieu, Oplinger, & Putnam, 1991)

Γεγονός που αποδεικνύεται από πρόσφατες πειραματικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε χώρες της νότιας Ευρώπης σε διάφορες κατηγορίες εδαφών. Τα αποτελέσματα των ερευνών έδειξαν ότι πολύ ικανοποιητικά εδάφη θεωρούνται τα εδάφη στα οποία η υπόγεια στάθμη των υδάτων βρίσκεται σε μεγάλο βάθος σε σχέση με τον εδαφικό ορίζοντα. (Duke, 1983)

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα αργιλώδη εδάφη δεν αποτελούν άριστη επιλογή, και αυτό γιατί δεν προσφέρουν αρκετό αερισμό με αποτέλεσμα να μην συνεισφέρουν στην ανάπτυξη του φυτού. Επίσης, ακατάλληλα θεωρούνται τα αμμώδη εδάφη, καθώς παρουσιάζουν αδυναμία συγκράτησης της υγρασίας, ενώ παράλληλα είναι φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία, αλλά και τα αλατούχα εδάφη θεωρούνται ακατάλληλα για την καλλιέργεια του κενάφ. (Francois, Donovan, & Maas, 1990)

Το USDA, ανέπτυξε διάφορες ποικιλίες, οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στις ιδιότητες, την απόδοση και την ποιότητα που είχε το εκάστοτε φυτό.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρέασαν την δημιουργία των ποικιλιών ήταν ο βιολογικός κύκλος του φυτού, ο μέσος όρος θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας και η υπάρχουσα υγρασία του εδάφους.

Μέσα από τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν έγινε κατανοητό ότι οι εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις διάφορες γεωργικές περιοχές της Ελλάδας, επηρεάζουν στην καλλιέργεια του κενάφ με αποτέλεσμα να επιλέγονται οι κατάλληλες ποικιλίες ανάλογα με την περιοχή εφαρμογής.

Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στην χώρα μας αναφέρουν δύο συγκεκριμένες ποικιλίες ως καταλληλότερες για το Ελληνικό κλίμα, η ποικιλία «Everglades 41» και «Tainung 2», με ικανοποιητική απόδοση σε παραγωγή βιομάζας και ποιότητας της ίνας.

Η ποικιλία «Everglades 41» αναπτύχθηκε από ερευνητές του USDA στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η δημιουργία της προήλθε από την ανάγκη για την επέκταση της περιόδου της ανάπτυξης του φυτού (με τελικό σκοπό της αύξηση της βιομάζας), πριν τα φυτά ξεκινήσουν να ανθίζουν. Στο ελληνικό κλίμα, το ύψος του φυτού μπορεί να φτάσει τα 296- 300 cm, ενώ η διάμετρος του βλαστού 19,43 cm. Ο βιολογικός κύκλος του ολοκληρώνεται σε 150-170 ημέρες. Τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ίνας είναι μέτρια έως ικανοποιητικά, όμως η μέγιστη απόδοση που μπορεί κανείς να συναντήσει ξεπερνά τους 14,81 ανά εκτάριο σε ξηρή ουσία. Ακόμα, η ποικιλία αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλό ρυθμό αφομοίωσης που μπορεί να φτάσει τα 50 kg CO₂ ha⁻¹ h⁻¹.

Η ποικιλία «Tainung 2», αναπτύχθηκε λίγα χρόνια αργότερα, επίσης τους ερευνητές του USDA, σε μια προσπάθεια τους να εξελίσσουν και να βελτιώσουν τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ίνας. Η προσπάθεια αυτή ήταν επιτυχής, καθώς εκτός από την παραγωγή αρίστης ποιότητας ίνας, εξασφαλίστηκαν η ανθεκτικότητα στις ασθένειες και η υψηλή παραγωγικότητα. Έρευνες που έχουν γίνει έδειξαν ότι η συγκεκριμένη ποικιλία αποτελεί την καλύτερη πρόταση για την παραγωγή στην χώρα μας. Το ύψος του φυτού κυμαίνεται σε 300-370 cm και η διάμετρος του βλαστού περίπου στα 18,75 cm. Ο ρυθμός αφομοίωσης σε αυτή την ποικιλία παραμένει υψηλός, ενώ η παραγωγικότητα είναι σχετικά αυξημένη συγκριτικά με την προηγούμενη ποικιλία. Το ύψος παραγωγής έφθασε τους 14 τόνους ανά εκτάριο στην Ιταλία, τους 26,5 στην Ισπανία και τους 22 στην Ελλάδα.

2.4.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Η καλλιέργεια του κενάφ παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για το μελλοντικό σχεδιασμό χρήσεων γης στη χώρα μας. Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτός από το ενδιαφέρον για τις ενεργειακές καλλιέργειες, η εναλλαγή των καλλιεργειών προσφέρει καλύτερη γονιμότητα στα εδάφη, καταπολεμά αποτελεσματικά τα ζιζάνια και μειώνει σε σημαντικό βαθμό τις ζημιές από έντομα και ασθένειες.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει, θεωρείται ότι για να επιτευχθούν υψηλές αποδόσεις στις καλλιέργειες κενάφ, οι προηγούμενες καλλιέργειες πρέπει να είναι αγρωστώδη ή ψυχανθή. Ο λόγος στον οποίο οφείλεται η αύξηση της απόδοσης σε μια τέτοια περίπτωση, είναι η μεγάλη ποσότητα αζώτου που βρίσκεται στο έδαφος από την

αζωτοδέσμευση που πραγματοποιείται στις ρίζες των ψυχανθών. Για το κενάφ, το άζωτο παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και στην επίτευξη παραγωγής βιομάζας.

Το φυτό kenaf αποτελείται από πολλαπλά χρήσιμα συστατικά, αξίζει όμως να σημειωθεί ότι η απόδοση και η σύνθεση για αυτά τα φυτικά συστατικά μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες, όπως η ποικιλία, η ημερομηνία φύτευσης, η φωτοευαισθησία, η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, οι πληθυσμοί των φυτών και η ωριμότητα των φυτών. (J. Janick & A. Whipkey, 2002)

Είναι σημαντικό λοιπόν, όταν συζητάμε τις αποδόσεις σε κενάφ και τη σύνθεση των φυτών, να κατανοήσουμε τους παράγοντες παραγωγής που επηρεάζουν αυτά τα φυτικά συστατικά και τη σύνθεσή τους.

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη μελέτη της απόδοσης των φυτών είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία των δειγμάτων κενάφ. Είναι κανονικά αποδεκτό στη βιομηχανία κενάφ να αναφέρει τις αποδόσεις των φυτών σε ξηρή βάση με υγρασία 0%. Αυτό είναι ένα σημαντικό ζήτημα όταν συγκρίνουμε τις αποδόσεις του φυτού μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών.

Τυπικά, οι αποδόσεις του φυτού και το ποσοστό του σε φυτική ύλη πάνω από το έδαφος θα αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, με το ρυθμό ανάπτυξης να μειώνεται από την ξηρασία, τη μείωση των μονάδων θερμότητας και την ανθοφορία.

Ένας θανατηφόρος παγετός ή η συγκομιδή θα τερματίσει την ανάπτυξη του φυτού. Η παραγωγή φύλλων συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και μειώνεται από τους ίδιους παράγοντες, αλλά σε αντίθεση με τις αποδόσεις του φυτού, οι αποδόσεις των φύλλων συχνά αυξάνονται μόνο κατά το πρώτο μισό της καλλιεργητικής περιόδου και εξισορροπούνται ή ακόμη και μειώνονται στο δεύτερο μισό της σεζόν.

Η παραγωγή φύλλων συνεχίζεται, αλλά ως αποτέλεσμα της αποκοπής των φύλλων, τα μεγαλύτερα, χαμηλότερα φύλλα θα πέσουν, καθώς το φυτό ψηλώνει. Η απώλεια των χαμηλότερων, παλαιότερων φύλλων περιορίζει τις αποδόσεις των φύλλων και οδηγεί σε μείωση του ποσοστού των φύλλων σε ολόκληρο το φυτό. (J. Janick & A. Whipkey, 2002)

2.5 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΝΝΑΒΗ: ΟΝΟΜΑΣΙΑ, ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλωστική ή αλλιώς βιομηχανική κάνναβη είναι ένα σημαντικό φυτό που έχει ξεχωρίσει για την προσαρμοστικότητα και τις ιδιότητες του. Ανήκει στην κατηγορία των λεγόμενων Κλωστικών Φυτών όπως είναι το βαμβάκι, το λινάρι, η γιούτα (jute) και σιζάλ (sisal). (Νικολαΐδης, 2015)

Η προέλευση του ονόματος του φυτού είναι πιθανόν Σημιτική. Το φυτό της κάνναβης προέρχεται κατά τη Νεολιθική εποχή, από την Κεντρική Ασία και σύμφωνα με τις αρχαιολογικές ανακαλύψεις και τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν, διαδόθηκε σε όλον το κόσμο εξαιτίας της προσαρμοστικότητας και των σημαντικών χρήσεων της. (Fike, 2017)

Η βιομηχανική κάνναβη είναι ένα κλασικό φυτό για την παραγωγή ινών, λαδιού και γενικά είναι γνωστό για πλείστες βιομηχανικές εφαρμογές.

Στην Ελλάδα η κάνναβη χρησιμοποιούνταν κυρίως για την παραγωγή σχοινιών και υφασμάτων, την πρώτη αναφορά μάλιστα σε αυτήν συναντάμε το 450 π.Χ. στον Ηρόδοτο. Το 1875 περίπου, εκδηλώθηκε ουσιαστικά η πρώτη σοβαρή προσπάθεια οργανωμένης καλλιέργειας κλωστικής κάνναβης, η οποία και διαδόθηκε σημαντικά στα χρόνια που ακολούθησαν. Η πρώτη καταγραφή που υπάρχει σχετικά με την φαρμακευτική της χρήση βρέθηκε στους προϊστορικούς Σκύθες.

Ως τα τέλη του 19ου αιώνα, το 70 - 90% του χαρτιού που παραγόταν παγκοσμίως προερχόταν από ίνες κάνναβης. Την ίδια περίοδο από κάνναβη κατασκευαζόταν το 80% των υφασμάτων που φτιάχνονταν από νήματα ως και άλλα υλικά. (Νικολαΐδης, 2015)

Με τη λήξη του Α' Παγκοσμίου Πολέμου η κλωστική κάνναβη αποτέλεσε βασική γεωργική καλλιέργεια στην Ελλάδα και εξαγωγίμο προϊόν έως το 1932. Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί ότι μέχρι το 1957 όπου θεσπίστηκε με νόμο η απαγόρευση της καλλιέργειας του φυτού, λειτουργούσαν στην Ελλάδα επτά κανναβουργεία όπου επεξεργάζονταν τις ίνες του φυτού για τη δημιουργία σκοινιών. (Παπαδόπουλος, 1974)

Στην Ευρώπη η καλλιέργεια της κάνναβης φαίνεται να επεκτάθηκε κατά τη μεσαιωνική περίοδο καθώς υπήρξε αύξηση στη ζήτηση για σχοινιά και πανιά πλοίων,

ενώ στη συνέχεια παρατηρήθηκε μείωση της καλλιέργειας τον 19ο και 20ο αιώνα. (McPartland & Hegman, 2017)

Τις τελευταίες δεκαετίες η σημασία της κλωστικής κάνναβης έχει περιοριστεί καθώς υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των φυτικών και συνθετικών ινών, με το 70% περίπου των ρούχων σήμερα να κατασκευάζεται από συνθετικές ίνες. Σημαντικό ρόλο στην μείωση της παραγωγής είχε και η βοτανική συγγένεια που έχει με την ινδική κάνναβη, η οποία έχει χαρακτηριστεί ως παράνομη ναρκωτική ουσία. (Νικολαΐδης, 2015)

Οι παραπάνω λόγοι είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση της καλλιέργειας της κάνναβης όχι μόνο στη χώρα μας αλλά διεθνώς, όπου κατά τη δεκαετία του 1980 είχε σχεδόν εγκαταλειφθεί. Από 10,9 εκατ. στρέμματα, μέση ετήσια έκταση παγκοσμίως, την πενταετία 1948 - 1952, υποχώρησε στα 1,5 εκατ. στρέμματα την πενταετία 1987 - 1991, με κυριότερες χώρες καλλιέργειας την Κίνα, τον Καναδά, τις Ινδίες, την Αυστραλία, τη Ρωσία και την Ουγγαρία (Bouloc, Allegret, & Arnaud, 2013)

Στις αρχές της δεκαετίας του '90, όμως, η Ευρωπαϊκή Ένωση άρχισε να επιδοτεί τις νέες καλλιέργειες ξεκινώντας με αυτόν τον τρόπο μια νέα περίοδος αναβίωσης της κλωστικής κάνναβης. Τον Μάρτιο του 2000, δημοσιεύτηκε από το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ) και το Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών μια πρωτοποριακή μελέτη σχετικά με την καλλιέργεια κλωστικής κάνναβης και κλωστικού λιναριού στην Ελλάδα. Μέσα στη μελέτη αυτή διαπιστώθηκε ότι σημειώθηκαν σημαντικές πρόοδοι στη δημιουργία νέων, σύγχρονων ποικιλιών κάνναβης με υψηλές αποδόσεις, στην τεχνολογία απόληψης ινών κάνναβης, καθώς και στην εμφάνιση νέων προϊόντων από την επεξεργασία των στελεχών κάνναβης. (Νικολαΐδης, 2015)

Οι νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται μειώνουν σημαντικά το βιομηχανικό κόστος, ενώ οι νέες ποικιλίες ήταν πολύ παραγωγικές με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα στην ψυχοτρόπο ουσία τετραϋδρακανναβινόλη (THC). (Struik, et al., 2000)

Το γένος της κάνναβης ανήκει στην οικογένεια Canabaceae (Κανναβοειδών), που ανήκει στην τάξη των Urticales. Το συγκεκριμένο γένος περιλαμβάνει διάφορα είδη, με την κάνναβη να αποτελείται από τρία είδη (species) που κάθε ένα έχει τις δικές του ποικιλίες:

- *Cannabis sativa* L. – Κλωστική ή βιομηχανική ή ήμερη ή κοινή κάνναβη
- *Cannabis indica* – ινδική κάνναβη
- *Cannabis ruderalis* – αυτοφυής κάνναβη

Μέχρι σήμερα έχουν ταυτοποιηθεί περισσότερα από 75 συστατικά στοιχεία στην κάνναβη, τα οποία ονομάζονται κανναβινοειδή (Cannabinoides). (Νικολαΐδης, 2015)

Η βιομηχανική κάνναβη είναι ένα φυτό που καλλιεργείται παγκοσμίως. Στην Ευρώπη το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής πραγματοποιείται στην Γαλλία, καθώς υπολογίζεται ότι παράγει περίπου τα 2/3 με 3/4 της Ευρωπαϊκής παραγωγής, αλλά και στο Βέλγιο, την Ολλανδία, την Ισπανία κ.α. Το φυτό αυτό αποτελεί ένα είδος με αναγνωρισμένες οικολογικές ιδιότητες και το σύνολο του υπέργειου μέρους του είναι αξιοποιήσιμο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μεγάλου μέρους προϊόντων.

Στην Γαλλία υπάρχουν έντεκα (11) μονάδες πρωτογενούς κατεργασίας βιομηχανικής κάνναβης, οι οποίες βρίσκονται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό και το δυτικό τμήμα της χώρας. Παρά το γεγονός ότι από τη Γαλλία παράγεται το μεγαλύτερο ποσοστό κάνναβης στην Ευρώπη, η έκταση που αντιπροσωπεύει η καλλιέργεια της αποτελεί μόνο το 0,05% της καλλιεργούμενης γεωργικής γης της χώρας.

Ηγετική θέση στην αγορά της βιομηχανικής κάνναβης έχει η Κίνα, η οποία αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους παραγωγούς του φυτού παγκοσμίως. Σήμερα στην Κίνα καλλιεργούνται περισσότερα από 200.000 στρέμματα κάνναβης. Μάλιστα το έτος 2012 χώρα παρήγαγε περίπου 50.000 τόνους σπόρους κάνναβης, κάτι που ισοδυναμεί με το 37,94% της παγκόσμιας παραγωγής. (Νικολαΐδης, 2015)

2.5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΤΟΥ

Η βιομηχανική κάνναβη είναι ένα ποώδες, ετήσιο φυτό, μεγάλης καλλιέργειας. Το ριζικό της σύστημα είναι καλά αναπτυγμένο και αποτελείται από την κύρια ρίζα (που ονομάζεται πασσαλώδης) και πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες.

Η έκταση του ριζικού συστήματος εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, με κύριο παράγοντα την πυκνότητα σποράς. Καθώς η βιομηχανική κάνναβη σπέρνεται πυκνά, συνήθως το βάθος της ρίζας κυμαίνεται περίπου στα τριάντα (30) cm, ενώ οι πλευρικές ρίζες αναπτύσσονται σε διάμετρο δέκα (10) με είκοσι (20) cm.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση του ριζικού συστήματος του φυτού είναι, όπως και στα περισσότερα φυτά, η σύσταση του εδάφους και η φροντίδα του. Όταν η καλλιέργεια δεν είναι πυκνή και το έδαφος είναι ελαφρό και όχι συμπαγές, με αποτέλεσμα να μην στραγγίζει καλά, τότε η κύρια ρίζα μπορεί αν διεισδύσει μέχρι

το βάθος των δύο (2) m. Σε αυτή την περίπτωση οι πλευρικές ρίζες αναπτύσσονται σε διάμετρο μέχρι εξήντα (60) cm.

Σε αντίθεση, όταν το έδαφος είναι συμπαγές, τότε η κύρια ρίζα εμποδίζεται και αναπτύσσεται λιγότερο, ενώ αυξάνονται περισσότερο τα παράπλευρα ριζίδια.

Όσον αφορά το στέλεχος του φυτού, αυτό είναι όρθιο, λεπτό, με πτυχές, ισχυρό και διαφοροποιείται σε δύο περιπτώσεις ανάλογα με την καλλιέργεια του.

Όταν η βιομηχανική κάνναβη καλλιεργείται με σκοπό την παραγωγή ινών, εντατικά σε μεγάλη κλίμακα, τότε το στέλεχος αποκτά ένα ύψος περίπου 2 με 3,5 m και δεν έχει διακλαδώσεις. Όταν όμως καλλιεργείται με σκοπό την παραγωγή σπόρου, τότε το στέλεχος διακλαδίζεται. Η συγκομιδή καταλήγει σε μεγαλύτερους σπόρους και σε μεγαλύτερο ποσοστό βιομάζας, από ότι στην καλλιέργεια για παραγωγή ινών.

Ο βλαστός του φυτού (στέλεχος) έχει τη δυνατότητα σε ορισμένες ποικιλίες, να φτάσει μέχρι και τα 5-6 m. Ένα ιδανικό ύψος για την άριστη ποιότητα των ινών θεωρείται αυτό των 2,5 με 3,0 m, χωρίς διακλαδώσεις και με κενό στο εσωτερικό του. Το κενό στο εσωτερικό του βλαστού βοηθά κατά την επεξεργασία στην φάση της σύνθλιψης. Η διάμετρος του κυμαίνεται μεταξύ 4 με 20 mm όταν πρόκειται για εμπορική πυκνότητα, αλλά είναι εφικτό να φτάσει και περισσότερο σε ελεύθερη καλλιέργεια.

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυτού εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το είδος του φυτού, την πυκνότητα φύτευσης και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Πραγματοποιώντας μια εγκάρσια τομή στο στέλεχος του φυτού, παρατηρεί κανείς ότι αποτελείται εξωτερικά από το φλοιό, τον ξυλώδη πυρήνα και τέλος την κοιλότητα ή αλλιώς αυλός.

Ο φλοιός (vascular cambium, bark) αποτελείται με τη σειρά του από την επιδερμίδα, το περικύκλιο και τη βίβλο. Η επιδερμίδα έχει εξωτερικά μια κηρώδη ουσία η οποία προστατεύει το φυτό από το στέγνωμα, ενώ μέσα από τους πόρους που διαθέτει πραγματοποιείται η διαπνοή – εξάτμιση. Το περικύκλιο αποτελεί το μισό του πάχους του φλοιού και εκεί βρίσκονται οι δέσμες ινών του φλοιού.

Ο πυρήνας αποτελείται από κύτταρα ξύλου, ενώ η κοιλότητα την βιομηχανικής κάνναβης έχει διάμετρο πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με τη διάμετρο της ινδικής κάνναβης.

Τα φύλλα του φυτού είναι σύνθετα και αποτελούνται από 3 έως 11 (συνήθως 7 με 9) φυλλάρια. Τα φυλλάρια αυτά είναι έμμισχα, οδοντωτά, άνισα και επιμήκη και εκφύονται ακτινωτά από το ανώτερο άκρο του μίσχου. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο

αριθμός των φυλλάριων είναι πάντα μονός κατά την ανάπτυξη του φυτού. Τα φύλλα είναι αντίθετα τοποθετημένα και απέχουν μεταξύ τους από 10 έως 30 cm. Η βιομηχανική κάνναβη έχει και βράκτεια, φύλλα τα οποία δεν έχουν μίσχο.

Σε πυκνές φυτείες λόγω έλλειψης φωτός, τα κατώτατα φύλλα της βιομηχανικής κάνναβης είναι συνήθως ατροφικά. Τα θηλυκά φυτά έχουν και μια Τρίτη κατηγορία φύλλων, τους κολεούς οι οποίοι είναι σφαιρικά φύλλα τα οποία περικλείουν το θηλυκό άνθος και στην συνέχεια τον καρπό. Το μέγεθος των μεγάλων φύλλων του φυτού κυμαίνεται περίπου στα 14 cm.

Τα φυτά της κάνναβης από τη φύση τους είναι δίοικα, δηλαδή διαχωρίζονται σε αρσενικά και θηλυκά φυτά. Η αρσενική ταξιανθεία εκφύεται στους πλάγιους βλαστούς, στο επάνω μέρος των βλαστών και είναι αραιή. Τα αρσενικά φυτά έχουν πέντε στήμονες και περικλείουν άφθονη κίτρινη γύρη.

Η θηλυκή ταξιανθεία εκφύεται και αυτή στις μασχάλες των βράκτειων φύλλων στο επάνω μέρος των βλαστών. Κατά την άνθηση της θηλυκής ταξιανθείας οι στύλοι των θηλυκών ανθέων επιμηκύνονται και βγαίνουν περίπου στα 2 mm έξω από τον κολεό και κάμπτονται.

Η διαφοροποίηση μεταξύ των αρσενικών και των θηλυκών φυτών πραγματοποιείται στα εξής σημεία:

- Οι αρσενικές ταξιανθίες στα αρσενικά φυτά εμφανίζονται κατά κανόνα νωρίτερα από ότι στις θηλυκές. Όμως τα αρσενικά φυτά είναι λιγότερο παραγωγικά σε φυτικές ίνες από τα θηλυκά και δεν παράγουν σπόρο.
- Η θηλυκή ταξιανθεία είναι πιο ογκώδης, συμπαγής και φυλλώδης σε σχέση με την αρσενική που είναι πιο αραιή.
- Μόνο τα θηλυκά φυτά εκκρίνουν τις ρητίνες από τις οποίες παράγεται η ναρκωτική ουσία χασίς. Οι ρητίνες αυτές εκκρίνονται από τα αδενώδη τριχίδια που βρίσκονται μόνο στα βράκτεια φύλλα και στους κολεούς της θηλυκής ταξιανθείας.

Μέσα από την γενετική και την έρευνα για την βελτίωση των φυτών έχει καταστεί εφικτή η δημιουργία ποικιλίας που έχει σε ένα φυτό και τα αρσενικά και τα θηλυκά άνθη (φυτά μόνοικα και δικλινή). Ακόμα έχουν παραχθεί ποικιλίες όπου επικρατούν τα θηλυκά φυτά σε μεγάλο ποσοστό καθώς είναι πιο παραγωγικές στην παραγωγή ινών και λαδιού, χωρίς να περιέχουν την ναρκωτική ουσία THC.

Τέλος, ο σπόρος της βιομηχανικής κάνναβης είναι αχαίνιο, με δύο κοτυληδόνες. Το σχήμα του είναι ωοειδές, είναι χρώματος ανοικτού προς σκούρο καστανό και είναι

λείος. Ο σπόρος του φυτού είναι μικρός, με το μέγεθος του να κυμαίνεται από 1,5 έως 4 χιλιοστά. Οι σπόροι της βιομηχανικής κάνναβης μπορούν να διατηρήσουν για αρκετά χρόνια την βλαστικότητα τους.

Ακόμα, ο σπόρος της βιομηχανικής κάνναβης είναι αρκετά ελαφρύς, με το βάρος 1.000 σπόρων να ανέρχεται περίπου στα 14 με 20 γραμμάρια, ενώ αντίστοιχα το βάρος 1.000 σπόρων σιταριού κυμαίνεται μεταξύ 35 με 40 γραμμάρια.

2.5.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Η τεχνική καλλιέργειας της βιομηχανικής κάνναβης δεν θεωρείται ιδιαίτερα δύσκολη καθώς εφαρμόζονται οι συνήθεις καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται στα ανοιξιάτικα φυτά.

Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται όργωμα του εδάφους κατά τη φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη περίοδο, όπως ακόμα και ψιλοχωματισμός πριν την σπορά. Στόχος των εργασιών είναι η φροντίδα της καλλιέργειας η οποία επιτυγχάνεται μέσω ορισμένων προϋποθέσεων όπως είναι η καταστροφή των ζιζανίων, η συγκράτηση της υγρασίας, ο αερισμός και η καλή δομή του εδάφους και η αποφυγή συμπίεσής του. (Νικολαΐδης, 2015)

Σαν φυτό η βιομηχανική κάνναβη αναπτύσσει μεγάλη ποσότητα βιομάζας σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι απαιτήσεις που έχει σε θρεπτικά στοιχεία, όπως είναι το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο και το ασβέστιο, είναι μεγαλύτερες συγκριτικά με άλλα είδη φυτών που χρησιμοποιούνται σε ενεργειακές καλλιέργειες, ενώ η πρόσληψή τους γίνεται πιο έντονη πριν αλλά και κατά την διάρκεια της ανθοφορίας.

Οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις ενός φυτού επηρεάζονται από παράγοντες όπως το κλίμα και το έδαφος. Σαν φυτό, η βιομηχανική κάνναβη προσαρμόζεται εύκολα σε περιοχές με διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες.

Πρόκειται για μια εαρινή καλλιέργεια, ενώ οι βέλτιστες θερμοκρασίες για την ανάπτυξή της είναι μεταξύ 15 και 27 °C . Θεωρείται ποτιστικό φυτό γεγονός που καθιστά ιδανικές της εύφορες πεδιάδες της χώρας μας για την καλλιέργεια του.

Η βιομηχανική κάνναβη συναντάται κυρίως σε ήπια κλίματα όπου δεν παρουσιάζεται ούτε ξηρασία αλλά ούτε παγετό. Γενικότερα η απόδοση του φυτού μειώνεται σε περιόδους ξηρασία και καύσωνα, παγετού, ανεπαρκή υγρασία, πολύ υγρές συνθήκες, πλημύρες, συμπαγή και βαριά εδάφη. (Νικολαΐδης, 2015)

Καλύτερο έδαφος για την ανάπτυξη της βιομηχανικής κάνναβης θεωρείται το έδαφος μέσης μηχανικής σύστασης. Το έδαφος θα πρέπει να στραγγίζεται και να αερίζεται καλά, ενώ από πλευρά οργανικής ουσίας πρέπει να είναι γόνιμο. Η βέλτιστη περιοχή για την ανάπτυξή του είναι η περιοχή με έδαφος ουδέτερης ή ελαφριάς αλκαλικής αντίδρασης, με pH μεταξύ 6,8 και 7,5. Το pH του εδάφους πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 6, καθώς σε ισχυρώς όξινα εδάφη (οπού το pH είναι <5,5), ως και σε αλατούχα εδάφη, δεν ευδοκیمی η βιομηχανική κάνναβη.

Παρά το γεγονός ότι η σπορά της βιομηχανική κάνναβης πραγματοποιείται την άνοιξη, η περίοδος σποράς διαφέρει ανάλογα με τις συνθήκες κάθε περιοχής. Για παράδειγμα στην βόρεια Ευρώπη η σπορά του φυτού γίνεται μέχρι τα μέσα Μαΐου. Στη χώρα μας ανάλογα με την περιοχή, τον σκοπό της καλλιέργειας και τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, η περίοδος σποράς κλιμακώνεται από τα μέσα Μαρτίου μέχρι τα μέσα Απριλίου.

Πειράματα έδειξαν ότι οι πρώιμες σπορές είχαν σημαντικές επιδράσεις στην απόδοση του φυτού, καθώς εκμεταλλεύεται καλύτερα την υγρασία του εδάφους λόγω βροχών, σε αντίθεση με τις όψιμες σπορές που μειώνουν την απόδοση σε βιομάζα.

Όσον αφορά τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται, η σπορά πραγματοποιείται μηχανικά, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι σπαρτικές του σιταριού αφού πρώτα γίνουν ορισμένες μετατροπές.

Η βιομηχανική κάνναβη ως ποτιστική καλλιέργεια έχει υψηλές απαιτήσεις σε υγρασία. Παρόλο που η υγρασία είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη του φυτού, είναι σημαντικό για τον υπολογισμό του αριθμού αλλά και της ποσότητας των ποτισμάτων που απαιτούνται, να ληφθούν υπ' όψη οι κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής.

Κρίσιμη περίοδος για το νερό της καλλιέργειας είναι μεταξύ της άνθησης και της ωρίμανσης του σπόρου.

2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΟΡΙΟΣΑΝΙΔΑΣ

Με τον όρο μοριοσανίδες αναφερόμαστε στα προϊόντα που προέρχονται από τη συγκόλληση μικρών σε διαστάσεις τεμαχιδίων ή ινών ξύλου, έχοντας την μορφή πλάκας. Για τη συγκόλλησή τους χρησιμοποιούνται συνθετικές συγκολλητικές ρητίνες που συνήθως είναι είτε ουρία φορμαλδεΐδη (στο μεγαλύτερο βαθμό), είτε μελαμίνη φορμαλδεΐδη. (Μαντάνης, Νταλός, & Παπαδόπουλος, Τεχνολογία Ξύλου - Μετρήσεις)

Η χρήση των μοριοσανίδων είναι ευρέως διαδεδομένη, καθώς ο συγκεκριμένος τρόπος επεξεργασίας ξύλου δίνει την δυνατότητα να αξιοποιηθεί ακόμα και ένα ξύλο μικρών διαστάσεων, όπως για παράδειγμα υπολείμματα ξύλου άλλων κατεργασιών.

Η πρώτη αναφορά στις μοριοσανίδες πραγματοποιήθηκε το 1887 από το Γερμανό Ernst Hubbard, ο οποίος προσπάθησε να δημιουργήσει ένα τεχνητό ξύλο υπό την εφαρμογή πίεσης και θερμότητας.

Έπειτα από διάφορα πειράματα στην επεξεργασία και στα υλικά που θα χρησιμοποιούσαν για την δημιουργία μοριοσανίδων, το 1943 δημιουργήθηκε στην πόλη Styria, ο πρώτος πειραματικός σταθμός για την παραγωγή μοριοσανίδων. (Μαντάνης & Βαμβακάρης, Η μοριοπλάκα - νοβοπάν, 2005)

Εκτός από το ξύλο που αποτελεί την βασική πρώτη ύλη για την δημιουργία μοριοσανίδων, χρησιμοποιούνται συχνά ως κύριες ύλες τα υλικά που έχουν ως βάση τη λιγνίνη και την κυτταρίνη.

Ανάμεσα στα είδη που χρησιμοποιούνται πιο συχνά συγκαταλέγεται το λινάρι, το μπαμπού αλλά και υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, όπως είναι για παράδειγμα στελέχη βαμβακιού, άχυρου αλλά και ρυζιού. (Μαντάνης, Νταλός, & Παπαδόπουλος, Τεχνολογία Ξύλου - Μετρήσεις)

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η κύρια αιτία διάδοσης των μοριοσανίδων αποτελεί το γεγονός ότι η βασική πρώτη ύλη που είναι το ξύλο, μπορεί να χρησιμοποιείται σε όλες του τις μορφές, αξιοποιώντας κατά αυτό τον τρόπο ξύλο μικρών διαμέτρων, υπολείμματα ξυλοφύλλων κ.ά.

Τα είδη του ξύλου, είναι κυρίως κωνοφόρα και πλατύφυλλα με μέση πυκνότητα. Είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν είδη με μέση πυκνότητα, ώστε μετά το στάδιο της συμπίεσης το υλικό να μην παρουσιάζει μεγάλη πυκνότητα.

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες των μοριοσανίδων, είναι οι διαστάσεις των ξυλοτεμαχιδίων που θα χρησιμοποιηθούν κατά

την κατασκευή. Έπειτα από έρευνες, έγινε γνωστό ότι οι διαστάσεις του υλικού παίζουν σημαντικό ρόλο όχι μόνο στην αντοχή του παραγόμενου προϊόντος αλλά και σε άλλες μηχανικές ιδιότητες.

Μετά την παραγωγή των ξυλοτεμαχιδίων, η οποία πραγματοποιείται συνήθως με τομή ή κρούση, ακολουθείται μια διαδικασία με διάφορα στάδια για την δημιουργία των μοριοσανίδων.

Αρχικά έχουμε το στάδιο της ταξινόμηση κλασμάτων. Για την ταξινόμηση χρησιμοποιούνται κόσκινα, οι οπές των οποίων έχουν διάφορες διαμέτρους, ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα, ή αέρας, με την βοήθεια του οποίου πραγματοποιείται διαχωρισμός των μικρών και ελαφριών ξυλοτεμαχιδίων και των ξυλοτεμαχιδίων μεγαλύτερου μεγέθους.

Το επόμενο στάδιο είναι η ξήρανση του υλικού. Τα ξυλοτεμαχίδια ξηραίνονται σε υγρασία με ποσοστό 3-6%, ενώ στην συνέχεια είναι το στάδιο ανάμειξης των ξυλοτεμαχιδίων με συγκολλητική ουσία.

Η συγκολλητική ουσία έχει μορφή υδατικού διαλύματος και υπάρχουν συγκεκριμένα ποσοστά συγκολλητικής ουσίας – ξυλοτεμαχιδίων. Η ανάμειξη τους γίνεται με ψεκασμό, ταυτόχρονα με την ανάδευσή τους. Ως συγκολλητική ουσία, συνήθως, χρησιμοποιείται ουρία φορμαλδεΐδη, ενώ πιο σπάνια φαινόλη ή μελαμίνη φορμαλδεΐδη.

Το στάδιο που ακολουθεί μετά την ανάμειξη με συγκολλητική ουσία είναι η στρωμάτωση. Στο στάδιο αυτό καθορίζεται το αν η μοριοσανίδα θα είναι μονόστρωμη τρίστρωμη ή πολύστρωμη.

Επόμενο είναι το στάδιο της συμπίεσης, ενώ μετά τη διαδικασία αυτή, οι μοριοσανίδες οδηγούνται στο χώρο του κλιματισμού, για να γίνει σωστά η κατανομή υγρασίας σε όλη τους τη μάζα.

Τέλος, αφού πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες εργασίες λείανσης της επιφάνειας και παρύφωσης, τα στρωματωμένα υλικά οδηγούνται στην πρέσα, όπου συμπιέζονται στις τελικές τους διαστάσεις κάτω από υψηλές θερμοκρασίες.

Ένα από τα πιο βασικά στοιχεία στις ιδιότητες των μοριοσανίδων είναι ότι ελαχιστοποιείται η ανισοτροπία του παραγόμενου προϊόντος συγκριτικά με ένα προϊόν από συμπαγές ξύλο. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι οι ιδιότητες των μοριοσανίδων επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το είδος της πρώτης ύλης και η συγκολλητική ουσία που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και το πάχος και τον τρόπο κατασκευής τους.

2.7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (λ)

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να εξεταστούν οι μονωτικές ιδιότητες των υλικών κενάφ και βιομηχανικής κάνναβης, ώστε να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικά υλικά. Για αυτόν τον λόγο θα διεξαχθεί πείραμα εξετάζοντας τον συντελεστή αγωγιμότητας των υλικών.

Οι απώλειες θερμότητας των θερμαινόμενων χώρων που παρατηρούνται στα κτίρια, οφείλονται κυρίως στην αγωγή από τους τοίχους, τις οροφές, τους υαλοπίνακες και διάφορα οικοδομικά στοιχεία που διαχωρίζουν τους χώρους από το ψυχρότερο περιβάλλον.

Κατά την θερμική αγωγιμότητα πραγματοποιείται μετάδοση της θερμότητας μεταξύ των μορίων στα στερεά, υγρά και αέρια σώματα, τα οποία προσλαμβάνουν θερμότητα από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και τη μεταδίδουν σε γειτονικά μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Στα στερεά σώματα η διαδικασία αυτή είναι πιο εύκολη λόγω της πολύ μικρής απόστασης μεταξύ των μορίων του κάθε σώματος. Στα αέρια η μεταφορά θερμικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με τη διάχυση των μορίων, ενώ στα υγρά οι ελαστικές κρούσεις των μορίων βοηθούν την αγωγιμότητα. (Κακάτσιος, 2006)

Στην αγωγή θερμότητας η εξίσωση είναι γνωστή ως ο νόμος του Fourier:

$$q_x = -\lambda \left(dT / dx \right)$$

όπου:

q είναι ροή θερμότητας σε W / m^2

λ είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας σε $W / m K$

και, $\Delta T / \Delta X$ είναι μια κλίση θερμοκρασίας

Ως συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda [W/(m K)]$ ορίζεται η ποσότητα θερμότητας που διέρχεται μέσα σε μία ώρα από ομοιογενές στρώμα υλικού επιφάνειας $1 m^2$ και πάχους $1 m$, για πτώση θερμοκρασίας κατά τη διεύθυνση της ροής θερμότητας, ενός βαθμού Κέλβιν $[K]$ και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση, δηλαδή η θερμοκρασία τοπικά διατηρείται σταθερή με το χρόνο. (Incropera & DeWitt, 2011)

Ο συντελεστής λ καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα ενός υλικού. Συνεπώς όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του λ τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του υλικού στη θερμοκρασία.

Οι θερμικές απώλειες των κτιρίων είναι έντονες όλες τις εποχές προκαλώντας αρκετές φορές την ανάγκη για θέρμανση ή ψύξη, με αποτέλεσμα την αύξηση κατανάλωσης ενέργειας από διάφορες συσκευές.

Ο πιο άμεσος και οικονομικός τρόπος μείωσης της ροής θερμότητας ως προς την ένταση και τη διάρκεια, είναι μέσω της θερμομόνωσης του κελύφους.

Υπάρχουν διάφορα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική θερμομόνωση ενός κτιρίου όπως είναι για παράδειγμα η διογκωμένη πολυστερίνη, εξηλασμένη πολυστερίνη, και πετροβάμβακας.

Το βασικό χαρακτηριστικό που εξετάζεται για την επιλογή του μονωτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί είναι η θερμοφυσικές του ιδιότητές. Οι θερμοφυσικές ιδιότητες μπορούν να καθορίσουν το πόσο καλή απόδοση έχει στο να διατηρείται η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου.

Καθώς η θερμική αγωγιμότητα αποτελεί τον πιο σημαντικό τρόπο μετάδοσης της θερμότητας στα στερεά σώματα, επιλέχθηκε κατά την διεξαγωγή του πειράματος που πραγματοποιείται στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας, να εξετασθεί ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των μοριοσανίδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα ο στόχος της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός και η μελέτη μοριοσανίδων, οι οποίες έχουν κατασκευαστεί από υλικά που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, με σκοπό τη χρήση τους σαν μονωτικές πλάκες (θερμομονωτικές ή και ηχομονωτικές).

Πιο συγκεκριμένα για την εν λόγω πτυχιακή εργασία επιλέχθηκαν ως υλικά το ΚΕΝΑΦ και η βιομηχανική κάνναβη.

Στα πλαίσια της διπλωματικής σχεδιάστηκε και διεξήχθη πείραμα όπου αρχικά δημιουργήθηκαν οι μοριοσανίδες, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος των ιδιοτήτων τους, με στόχο την χρήση τους ως μονωτικό υλικό (θερμομονωτικές ή και ηχομονωτικές πλάκες).

3.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός και η μελέτη μοριοσανίδων και ινοσανίδων, για την κατασκευή των οποίων έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, τα οποία με κατάλληλες επεξεργασίες θα χρησιμοποιηθούν σαν μονωτικές πλάκες (θερμομονωτικές ή και ηχομονωτικές). Πιο συγκεκριμένα για την εν λόγω πτυχιακή εργασία επιλέχθηκαν ως υλικά το ΚΕΝΑΦ και η βιομηχανική κάνναβη.

Τα δύο αυτά υλικά επιλέχθηκαν καθώς είναι γνωστή η χρήση τους από παλαιότερα, σε διάφορους τομείς της βιοτεχνίας όπως είναι η δημιουργία υφασμάτων.

Για τις ανάγκες της διπλωματικής σχεδιάστηκε και διεξήχθη πείραμα, όπου απαραίτητη ήταν η δημιουργία μοριοσανίδων κατασκευασμένων από τα υπό εξέταση υλικά.

Η δημιουργία των μοριοσανίδων αυτών αποσκοπεί στον έλεγχο των ιδιοτήτων τους μέσα από εργαστηριακές μετρήσεις, με στόχο την χρήση των συγκεκριμένων υλικών ως μονωτικές πλάκες (θερμομονωτικές και ηχομονωτικές).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα πραγματοποιούνται στα πλαίσια έρευνας του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) και του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Αυτό επηρεάζει τις προδιαγραφές των δειγμάτων που λήφθηκαν για το πείραμα. Στους δύο πίνακες (1 & 2) που εμφανίζονται στη συνέχεια αναγράφεται το είδος κάθε δείγματος, το βάρος του σε κιλά και η περιοχή προέλευσης του.

Πίνακας 1 Θρυμματισμός υλικών ΚΑΠΕ

Θρυμματισμός ΚΑΠΕ			
a/a	Είδος	Βάρος (Kg)	Προέλευση
1	Κάνναβη (Ινες)	5,86	Αλίαρτος (Μη ρυπασμένο)
2	Κάνναβη (Ινες)	6,20	Αλίαρτος (Μη ρυπασμένο)
3	ΚΕΝΑΦ (Ινες)	6,22	Αλίαρτος (Μη ρυπασμένο)
4	ΚΕΝΑΦ (Ινες)	6,60	Αλίαρτος

Πίνακας 2 Θρυμματισμός υλικών ΓΠΑ

Θρυμματισμός ΓΠΑ			
a/a	Είδος	Βάρος (Kg)	Προέλευση
5	Κάνναβη (Ινες)	3,20	Λαύριο
6	Κάνναβη (Ινες)	3,40	Λαύριο
7	ΚΕΝΑΦ (Ινες)	5,80	Λαύριο
8	ΚΕΝΑΦ (Ινες)	3,60	Λαύριο

Το πρώτο βήμα στην διαδικασία διεξαγωγής του πειράματος αφορά στο σχεδιασμό και τη δημιουργία των δοκιμών που θα υποβληθούν σε ελέγχους. Τα υλικά ελήφθησαν με τη μορφή ινών ενώ στη συνέχεια θρυμματίστηκαν και αναδεύτηκαν με κατάλληλες κόλλες ώστε να παράξουμε μοριοσανίδες και ινοσανίδες από τα υλικά αυτά για τη δημιουργία μονωτικών πλακών (θερμομονωτικών και ηχομονωτικών). Η συνολική ποσότητα βιομηχανικής κάνναβης που θα χρησιμοποιήθηκε για τον θρυμματισμό στο πείραμα ανέρχεται σε 18,66 kg, ενώ η συνολική ποσότητα ΚΕΝΑΦ σε 22,22 kg.

Όπως αναγράφεται και στους παραπάνω πίνακες, τα προϊόντα που θα σταλούν στο τέλος του πειράματος στο ΚΑΠΕ, προέρχονται από τον Αλίαρτο, ενώ τα προϊόντα που θα σταλούν στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών προέρχονται από το Λαύριο.

Αξιίζει να σημειωθεί ότι τα προϊόντα που προέρχονται από την περιοχή του Αλάρτου είναι μη ρυπασμένα, καθώς και το γεγονός ότι το Λαύριο θεωρείται μια υποβαθμισμένη περιοχή σε σύγκριση με το Αλάρτο που δεν θεωρείται.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μέτρηση βάρους του κάθε υλικού με στόχο τη μέτρηση του ποσοστού υγρασίας τους. Για αυτόν το λόγο έγινε μέτρηση πρώτα του εκάστοτε σκεύους που χρησιμοποιήθηκε και στη συνέχεια του υλικού. Αφού ζυγίστηκαν τα σκεύη και στη συνέχεια τα υλικά, το κάθε δείγμα μπήκε σε ειδικό φούρνο για αποξήρανση στους 103 °C για 24 ώρες. Μετά το πέρας των 24 ωρών τα δείγματα ζυγίστηκαν ξανά όπου αφαιρώντας το βάρος του σκεύους και υπολογίστηκε το πραγματικό βάρος των υλικών μετά την αποξήρανση.

Στην συνέχεια ακολουθεί πίνακας με τις μετρήσεις που έγιναν στα οκτώ (8) δείγματα που εξετάζονται. Στην πρώτη στήλη αναφέρεται η αρίθμηση που δόθηκε στο κάθε δείγμα, στη δεύτερη το βάρος των σκευών που χρησιμοποιήθηκαν και στην τρίτη το βάρος του υλικού. Το βάρος τόσο στα σκεύη όσο και στα υλικά μετρήθηκε σε γραμμάρια [gr]. Όπως είναι εμφανές δεν χρησιμοποιήθηκε όλο το υλικό που θρυμματίστηκε.

Στην τέταρτη στήλη του πίνακα αναγράφεται το καθαρό βάρος των δειγμάτων μετά την αποξήρανση και τέλος στην πέμπτη στήλη αναφέρεται το ποσοστό υγρασίας ξύλου.

Υγρασία του ξύλου ορίζεται το βάρος του νερού που περιέχεται (περικλείεται) στο ξύλο και εκφράζεται ως ποσοστό επί του απόλυτα ξηρού βάρους του ξύλου. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του είναι ο εξής:

$$Y = ((W_x - W_o) / W_o) * 100$$

όπου Y=υγρασία του ξύλου (%),

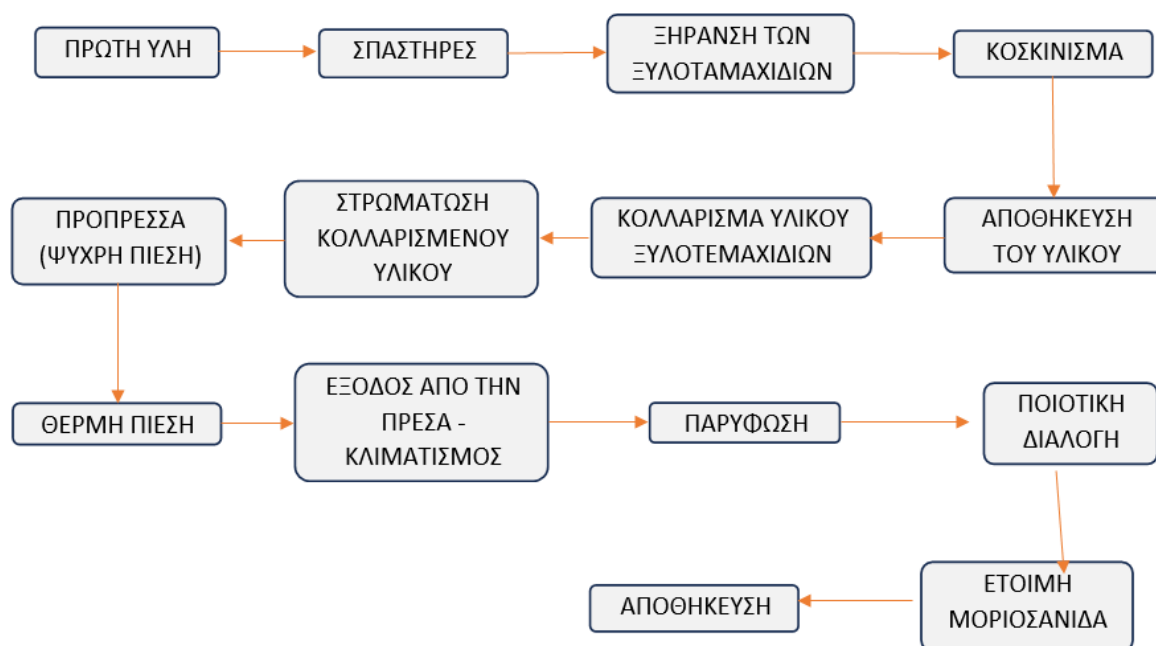
W_x=αρχικό βάρος ή "υγρό" βάρος σε gr,

και W_o=απόλυτα ξηρό βάρος σε gr.

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά δειγμάτων

α/α	Βάρος Σκεύους (gr)	Βάρος υλικού (gr)	Καθαρό Βάρος (gr)	Υγρασία Ξύλου(%)
1	27.81	66.03	61.92	6.63
2	28.20	71.61	67.23	6.51
3	27.92	56.46	53.50	5.53
4	13.15	40.93	38.71	5.73
5	13.20	26.80	25.38	5.59
6	322.68	36.50	34.67	5.27
7	13.32	47.58	45.02	5.68
8	65.91	51.67	48.68	6.14

Τα πρώτα στάδια λοιπόν στη διαδικασία παραγωγής των μοριοσανίδων αφορούν στη συλλογή και επεξεργασία της πρώτης ύλης. Αφού η πρώτη ύλη τοποθετηθεί σε σπαστήρες για τον θρυμματισμό και στην συνέχεια γίνει ξήρανση των ξυλοτεμαχιδίων, το υλικό κοσκινίζεται και αποθηκεύεται σε κατάλληλες συνθήκες ώστε να μην επηρεαστεί το ποσοστό υγρασίας τους.



Εικόνα 1 Στάδια παραγωγής μοριοσανίδων

Στο επόμενο στάδιο πραγματοποιείται κολλάρισμα του υλικού ξυλοτεμαχιδίων, καθώς για την κατασκευή μοριακών πλακών χρησιμοποιήθηκε το θρυμματισμένο υλικό

όπως εμφανίζεται στους παραπάνω πίνακες, βάρους 2.500,00 gr, και αναμίχθηκε με συγκολλητική ουσία MF χωρίς καταλύτη.



Εικόνα 2 Προετοιμασία υλικού για την ανάμιξη



Εικόνα 3 Προετοιμασία υλικού για την ανάμιξη



Εικόνα 4 Ανάμιξη υλικού με συγκολλητική ουσία



Εικόνα 5 Ανάμιξη υλικού με συγκολλητική ουσία



Εικόνα 6 Ανάμιξη υλικού με συγκολλητική ουσία



Εικόνα 7 Ανάμιξη υλικού



Εικόνα 8 Ανάμιξη υλικού



Εικόνα 9 Ανάμιξη υλικού

Στην συνέχεια ακολουθεί η στρωμάτωση του κολλαρισμένου υλικού. Στα στάδιο της στρωμάτωσης οριστικοποιείται ο τύπος των μοριοσανίδων που θα παραχθούν, δηλαδή αν θα είναι μονόστρωμες ή πολύστρωμες, καθώς και η επιθυμητή πυκνότητα των πλακών.

Το επόμενο στάδιο είναι η ψυχρή πίεση ή αλλιώς προπρέσα. Στο στάδιο αυτό τα ξυλοτεμαχίδια συμπιέζονται πριν τον τεμαχισμό τους σε συγκεκριμένο μήκος. Κύριος σκοπός της ψυχρής πίεσης είναι η μείωση του πάχους του υλικού. Μετά την προπρέσα τα ξυλοτεμαχίδια τοποθετούνται σε πρέσα θερμής πίεσης, ενώ στη συνέχεια, αμέσως μετά την έξοδο από τη θερμή πρέσα, τα ξυλοτεμαχίδια τοποθετούνται σε κατάλληλα διαμορφωμένες θέσεις, με τρόπο τέτοιο ώστε να επιτυγχάνεται ο αερισμός τους. Συνίσταται η πτώση της θερμοκρασίας των μοριοσανίδων, να πραγματοποιείται αργά, με τη χρήση κατάλληλων συστημάτων ψύξης, αμέσως μετά την έξοδο από την πρέσα.



Εικόνα 10 Πρεσάρισμα υλικού

Το επόμενο στάδιο στη διαδικασία παραγωγής μοριοσανίδων είναι η παρύφωση. Η παρύφωση πραγματοποιείται με σκοπό τη διαμόρφωση των μοριοσανίδων στις επιθυμητές διαστάσεις. Για το συγκεκριμένο πείραμα επιλέχθηκε η δημιουργία μικρών τετράγωνων πλακών.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στη συνέχεια το μήκος και το πλάτος κάθε πλάκας είναι περίπου στα 45,8 cm (στα στοιχεία της εικόνας που ακολουθεί, το δείγμα που επιλέχθηκε είχε μήκος 45,9 cm και πλάτος 45,8 cm), ενώ το πάχος κάθε πλάκας ήταν περίπου 12 mm.

ΘΕΜΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	Μονωτικές πλάκες FORTE
ΝΟΥΜΕΡΟ	A
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	8/12/2023
ΕΙΔΟΣ ΠΛΑΚΑΣ	μονόστρωμη
ΥΓΡΑΣΙΑ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ	8 %
ΣΥΓΚΟΛ. ΟΥΣΙΑ % ΑΝΑ ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ ΞΥΛΟΥ	12 %
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΑΚΑΣ	0,27 gr/cm ³
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΑΚΩΝ	2 τεμάχια
ΜΗΚΟΣ ΠΛΑΚΑΣ	45,9 cm
ΠΛΑΤΟΣ ΠΛΑΚΑΣ	45,8 cm
ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΚΑΣ	12 mm
ΟΓΚΟΣ ΠΛΑΚΑΣ	2522,664 cm ³
ΒΑΡΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ U=	8 %
ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΠΛΑΚΑΣ	681,1193 gr
ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ	630,666 gr
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	563,0946 gr
ΥΓΡΑΣΙΑ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	0 %
ΥΓΡΑΣΙΑ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ	0 %
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	8 %
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ ΒΙΟΜ ΜΕ ΥΓΡΑΣΙΑ	0 0 0
ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΚΟΛΛΑΣ	8 1216,284 1337,913
ΥΓΡΑΣΙΑ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΣΥΓΚ. ΟΥΣΙΑ	67,57136 gr
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΟΥ ΓΙΑ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ ΜΙΑΣ ΠΛΑΚΑΣ	12 %
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ ΜΕ ΑΠΩΛΙΕΣ	706,3459 gr
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ ΜΕ ΥΓΡΑΣΙΑ	10 1238,808 gr
ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ ΣΥΓΚ. ΟΥΣΙΑΣ	8 1337,913 gr
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΥΓΚ. ΟΥΣΙΑΣ	148,657 gr
ΥΔΑΤΙΝΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΓΚ. ΟΥΣΙΑΣ	64,5 %
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΚΛΗΡΥΝΤΗ	230,4759 gr
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΚΛΗΡΥΝΤΗ	0 %
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΛΥΣΗΣ ΣΚΛΗΡΥΝΤΗ	0 gr
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΚΛΗΡΥΝΤΗ	20 %
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΤΕΛΙΚΗ ΚΟΛΛΑ	0 gr
ΝΕΡΟ	45 %
ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΥΛΚ. ΟΥΣΙΑΣ	99,87291 gr
	330,3489 gr
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚ. ΟΥΣΙΑΣ ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΙΣ ΑΠΩΛΙΕΣ	
ΑΠΩΛΙΕΣ	10 %
ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ ΣΥΓΚ. ΟΥΣΙΑΣ	163,5227
ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΜΑ ΣΥΓΚΟΛ. ΟΥΣΙΑΣ	253,5235
ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ ΣΚΛΗΡΥΝΤΗ	0
ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΚΛΗΡΥΝΤΗ	0
ΝΕΡΟ	109,8602
ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ	363,3837

Εικόνα 11 Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των πλακών



Εικόνα 12 Μονωτικές σανίδες

Στη συνέχεια έγινε ποιοτική διαλογή με σκοπό την επιλογή των πλακών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Είναι αρκετά σημαντικό το συγκεκριμένο στάδιο για την εξέλιξη του πειράματος, καθώς σε αυτό εξετάζεται αν όλα τα προηγούμενα στάδια διεξήχθησαν με επιτυχία και αν οι παραγόμενες μοριοσανίδες πληρούν της απαραίτητες προδιαγραφές. Ένας από τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα του πειράματος είναι και το μέγεθος των πλακών. Για τον λόγο αυτό, επιλέχθηκαν μοριοσανίδες ίδιου πάχους.

Τέλος οι μοριοσανίδες αποθηκεύτηκαν για να μπορέσουν στην συνέχεια να μελετηθούν οι ιδιότητες τους. Στις εικόνες 13 και 14 που ακολουθούν, παρουσιάζονται μοριοσανίδες που δημιουργήθηκαν στο εργαστήριο της σχολή για την διεξαγωγή του πειράματος, με την χρήση ΚΕΝΑΦ, ενώ στις εικόνες 15 και 16 μοριοσανίδες κατασκευασμένες από κάνναβη.



Εικόνα 13 Μοριοσανίδα από ΚΕΝΑΦ (μη ρυπασμένο)



Εικόνα 14 Μοριοσανίδα από ΚΕΝΑΦ (μη ρυπασμένο)



Εικόνα 15 Μοριοσανίδα από κάνναβη (μη ρυπασμένο)



Εικόνα 16 Μοριοσανίδα από κάνναβη (ρυπασμένο)

Στην συνέχεια και με τη χρήση κατάλληλων μηχανημάτων και εργαλείων έγινε μέτρηση των μονωτικών ιδιοτήτων των πλακών εξετάζοντας τον συντελεστή αγωγιμότητας των υλικών. Ως συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) ορίζεται η ποσότητα θερμότητας που διέρχεται μέσα σε μία ώρα από ομοιογενές στρώμα υλικού πάχους 1m, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο παράλληλων επιφανειών του

στρώματος είναι 1 βαθμός Κελσίου. Ο συντελεστής λ μετριέται σε W/mK ή σε kcal/hm °C με ισοδυναμία 1 kcal/h.



Εικόνα 17 Μέτρηση μονωτικών ιδιοτήτων

Πρέπει να σημειωθεί ότι η θερμική αγωγιμότητα είναι υψηλή στα υλικά τα οποία αποκαλούνται θερμικά αγωγά, όπως είναι τα μέταλλα και χαμηλή στα υλικά που αποκαλούνται θερμομονωτικά. Για το λόγο αυτό όσο μικρότερος είναι ο συγκεκριμένος συντελεστής ενός υλικού τόσο καλύτερη θερμομόνωση έχει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα του εργαστηριακού πειράματος με σκοπό την ανάλυση τους. Αφού επιλέχθηκαν 10 δείγματα μοριοσανίδων εξετάστηκαν οι μονωτικές τους ιδιότητες σε κάθε ένα ξεχωριστά.

Στις εικόνες που ακολουθούν εμφανίζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών μετρήσεων για κάθε δείγμα ξεχωριστά, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας, με τη χρήση μέσου όρου για την ευκολότερη σύγκριση και διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Block Averages for setpoint 1 in SI units						
	Tupper	Tlower		Qupper	Qlower	Lambda
	[°C]	[°C]	[μV]	[μV]	[W/mK]	
-ne-	7.02	24.60		-9237	7658	0.08062
-ne-	4.99	25.01		-6211	5746	0.05010
-te-	5.00	25.01		-5965	5860	0.04953
-te-	5.00	25.01		-5879	5884	0.04928
-te-	5.00	25.01		-5861	5869	0.04913
-pe-	5.00	25.02		-5846	5861	0.04902
-pe-	5.00	25.01		-5825	5861	0.04894
-pe-	5.00	25.02		-5828	5840	0.04886
-pe-	5.00	25.01		-5816	5833	0.04878
-pe-	5.00	25.02		-5808	5826	0.04872
-pe-	4.99	25.01		-5790	5830	0.04866

Εικόνα 18 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 1a (Κάνναβη μη ρυπασμένη)

Block Averages for setpoint 1 in SI units						
	Tupper	Tlower		Qupper	Qlower	Lambda
	[°C]	[°C]	[μV]	[μV]	[W/mK]	
-ne-	5.72	24.80		-9429	7903	0.07481
-ne-	5.00	25.01		-6696	6423	0.05392
-te-	5.00	25.02		-6549	6525	0.05372
-te-	5.00	25.01		-6530	6520	0.05362
-pe-	5.00	25.02		-6526	6512	0.05356
-pe-	5.00	25.02		-6523	6504	0.05351
-pe-	4.99	25.01		-6500	6516	0.05347
-pe-	5.00	25.02		-6509	6497	0.05343

Εικόνα 19 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 1b (Κάνναβη μη ρυπασμένη)

Block Averages for setpoint 1 in SI units					
	Tupper	Tlower	Qupper	Qlower	Lambda
	[°C]	[°C]	[μV]	[μV]	[W/mK]
-ne-	5.27	24.91	-9131	4532	0.06585
-ne-	5.00	25.01	-5743	4974	0.05045
-te-	5.00	25.01	-5351	5228	0.04974
-te-	5.00	25.02	-5262	5248	0.04941
-te-	5.00	25.01	-5210	5241	0.04913
-te-	5.00	25.02	-5209	5200	0.04894
-pe-	4.99	25.01	-5184	5195	0.04878
-pe-	5.00	25.02	-5164	5189	0.04866
-pe-	5.00	25.02	-5150	5176	0.04853
-pe-	5.00	25.02	-5149	5156	0.04844
-pe-	4.99	25.01	-5131	5156	0.04835
-pe-	5.00	25.02	-5119	5151	0.04827
-pe-	5.00	25.01	-5102	5155	0.04821
-pe-	5.00	25.02	-5114	5131	0.04816

Εικόνα 20 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 2a (Κάνναβη ρυπασμένη)

Block Averages for setpoint 1 in SI units					
	Tupper	Tlower	Qupper	Qlower	Lambda
	[°C]	[°C]	[μV]	[μV]	[W/mK]
-ne-	7.20	24.65	-9389	8119	0.08898
-ne-	4.99	25.01	-6405	5664	0.05350
-te-	5.00	25.01	-6039	5863	0.05272
-te-	5.00	25.02	-5936	5886	0.05237
-te-	5.00	25.01	-5905	5859	0.05211
-pe-	4.99	25.02	-5873	5852	0.05191
-pe-	4.99	25.02	-5839	5844	0.05173
-pe-	5.00	25.02	-5825	5826	0.05158
-pe-	5.00	25.02	-5811	5812	0.05147
-pe-	5.00	25.02	-5805	5793	0.05136
-pe-	4.99	25.01	-5782	5790	0.05124
-pe-	5.00	25.02	-5771	5784	0.05117
-pe-	5.00	25.01	-5754	5782	0.05108
-pe-	5.00	25.02	-5762	5763	0.05104
-pe-	5.00	25.02	-5756	5751	0.05096
-pe-	5.00	25.01	-5741	5750	0.05089
-pe-	5.00	25.01	-5726	5754	0.05084

Εικόνα 21 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 2b (Κάνναβη ρυπασμένη)

Block Averages for setpoint 1 in SI units						
	Tupper		Tlower		Qupper	Qlower
	[°C]	[°C]	[μV]	[μV]	[W/mK]	Lambda
-ne-	5.23		24.91		-9749	5421
-ne-	5.00		25.01		-6473	5760
-te-	5.00		25.01		-6126	6006
-te-	5.00		25.01		-6046	6033
-te-	5.00		25.01		-6014	6031
-pe-	5.00		25.02		-6007	6017
-pe-	5.00		25.02		-6000	6004
-pe-	4.99		25.01		-5973	6009
-pe-	5.00		25.02		-5971	5997
-pe-	5.00		25.02		-5972	5982

Εικόνα 22 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 3a (ΚΕΝΑΦ ρυπασμένο)

Block Averages for setpoint 1 in SI units						
	Tupper		Tlower		Qupper	Qlower
	[°C]	[°C]	[μV]	[μV]	[W/mK]	Lambda
-ne-	5.23		24.91		-9337	5129
-ne-	5.00		25.01		-6123	5456
-te-	5.00		25.01		-5804	5702
-te-	5.00		25.02		-5702	5745
-te-	5.00		25.01		-5673	5727
-pe-	5.00		25.02		-5658	5714
-pe-	4.99		25.02		-5641	5705
-pe-	5.00		25.02		-5625	5692
-pe-	5.00		25.01		-5609	5691
-pe-	5.00		25.02		-5609	5673
-pe-	4.99		25.01		-5588	5675

Εικόνα 23 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 3b (ΚΕΝΑΦ ρυπασμένο)

Block Averages for setpoint 1 in SI units						
	Tupper	Tlower	Qupper	Qlower	Lambda	
	[°C]	[°C]	[μV]	[μV]	[W/mK]	
-ne-	5.38	24.83	-8668	6078	0.06936	
-ne-	5.00	25.01	-5771	5410	0.05100	
-te-	5.00	25.01	-5557	5520	0.05050	
-te-	5.00	25.01	-5490	5526	0.05022	
-te-	5.00	25.02	-5459	5507	0.04999	
-pe-	5.00	25.02	-5453	5485	0.04985	
-pe-	5.00	25.02	-5436	5470	0.04969	
-pe-	4.99	25.02	-5417	5462	0.04957	
-pe-	5.00	25.02	-5403	5453	0.04947	
-pe-	5.00	25.02	-5396	5442	0.04939	
-pe-	5.00	25.02	-5385	5434	0.04931	
-pe-	5.00	25.02	-5375	5427	0.04923	
-pe-	5.00	25.01	-5378	5417	0.04920	
-pe-	5.00	25.02	-5367	5414	0.04913	
-pe-	5.00	25.01	-5358	5412	0.04909	
-pe-	5.00	25.01	-5347	5416	0.04906	

Εικόνα 24 Εργαστηριακές μετρήσεις δείγματος 4a (ΚΕΝΑΦ μη ρυπασμένο)

Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία από τις εργαστηριακές μετρήσεις, δημιουργήθηκε πίνακας με έναν μέσο όρο τιμής συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας για κάθε μοριοσανίδα που εξετάστηκε.

Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν χρησιμοποιηθεί ρυπασμένα αλλά και μη ρυπασμένα υλικά για την δημιουργία των μοριοσανίδων. Εξετάζοντας τους πίνακες 1 και 2, παίρνουμε την πληροφορία ότι τα προϊόντα που προέρχονται από την περιοχή του Αλάρτου είναι μη ρυπασμένα, καθώς και το γεγονός ότι το Λαύριο θεωρείται μια υποβαθμισμένη περιοχή σε σύγκριση με το Αλάρτο που δεν θεωρείται. Οπότε θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε ρυπασμένες περιοχές όπως είναι το Λαύριο για τέτοιου είδους καλλιέργειες από όπου αποδίδουν άριστα.

Πίνακας 4 Αποτελέσματα μονωτικών ιδιοτήτων

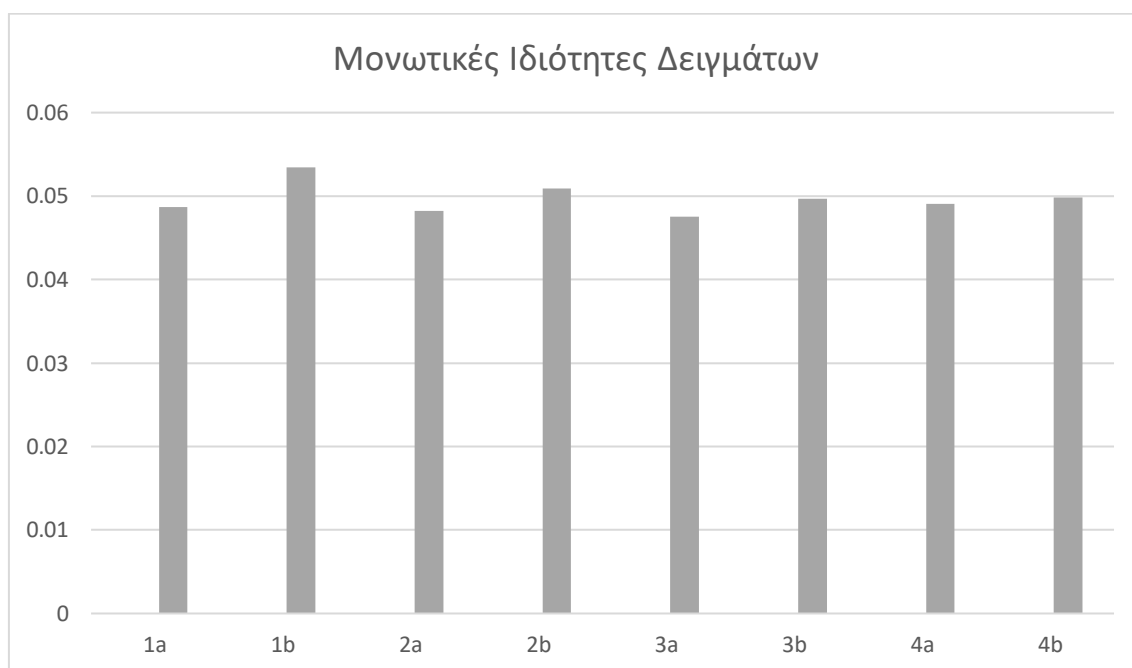
Δείγμα	Μοριοπλάκα	M.O. (W/mK)
1a	Κάνναβη μη ρυπασμένη	0,04872
1b	Κάνναβη μη ρυπασμένη	0,05347
2a	Κάνναβη ρυπασμένη	0,04821
2b	Κάνναβη ρυπασμένη	0,05090
3a	Κενάφ ρυπασμένο	0,04752
3b	Κενάφ ρυπασμένο	0,04969
4a	Κενάφ μη ρυπασμένο	0,04909
4b	Κενάφ μη ρυπασμένο	0,04986

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι εργαστηριακές μετρήσεις των δειγμάτων που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο παρείχαν στοιχεία για τη θερμομονωτική ιδιότητα των υλικών που εξετάστηκαν. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στόχος του πειράματος ήταν μέσα από την δημιουργία των μοριοσανίδων να πραγματοποιηθεί έλεγχος ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικό υλικό (θερμομονωτικές ή και ηχομονωτικές πλάκες).

Στο γράφημα που ακολουθεί αποτυπώνονται τα αποτελέσματα του συγκεντρωτικού πίνακα για την ευκολότερη σύγκριση και διεξαγωγή συμπερασμάτων.



Στην κάθετη στήλη εμφανίζεται ο μέσος όρος τιμής της θερμικής αγωγιμότητας (λ), ενώ η οριζόντια στήλη αντιπροσωπεύει το κάθε δείγμα που εξετάστηκε.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος παρατηρείται ότι οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητάς είναι πάρα πολύ κοντά με τα υλικά τα οποία σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως στην αγορά (π.χ πολυστερένιο και ορυκτοβάμβακας) τα οποία παρουσιάζουν τιμές κοντά στο 0,03 W/mK.

Πίνακας 5 Πίνακας Συντελεστών Διαφορετικών Δομικών Υλικών (Πηγή VASILAINAS WandS (Οικονομία από την θερμομόνωση))

Υλικό	Ενδεικτικό Πάχος	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας	Συντελεστής Θερμοπερατότητας
	d	λ	U = λ / d
	m	W/ m*K	W/ m²*K
Ερυθρά Ξυλεία	0,15	0,11	0,73
Λευκή Ξυλεία	0,15	0,12	0,80
Βελανιδιά - Οξυά	0,15	0,18	1,20
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0,25	2,10	8,40
Τσιμεντοκοντιάμα	0,02	1,40	70,00
Γαλοπίνακας	0,06	1,00	16,67
Γυψοσανίδα	0,08	0,42	5,25
Αλουμίνιο	0,08	200,00	2500,00
Χάλυβας	0,05	60,00	1200,00
Ορυκτοβάμβακας	0,05	0,035	0,70
Οικοδομική Μόνωση	0,05	0,035	0,70
Πέτρα	0,50	1,75	3,50

Όπως μπορεί κανείς να παρατηρήσει στον παραπάνω πίνακα, ένα από τα πιο διαδεδομένα μονωτικά υλικά όπως είναι ο ορυκτοβάμβακας έχει τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας κοντά στις τιμές των δειγμάτων που εξετάστηκαν.

Ακόμα από τα στοιχεία που μπορούμε να αντλήσουμε από το γράφημα και τους πίνακες που παρατίθενται παραπάνω, μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζουν τα δείγματα 1b και 2b, που αντιπροσωπεύουν δείγματα βιομηχανικής κάνναβης.

Συγκρίνοντας ξανά τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι την χαμηλότερη τιμή, άρα και το δείγμα με την μεγαλύτερη μονωτική ιδιότητα, την έδειξε το δείγμα 3a, που αποτελεί δείγμα ΚΕΝΑΦ.

Οι διακυμάνσεις βέβαια που συναντάμε μεταξύ των τιμών των αποτελεσμάτων είναι πολύ μικρές.

Βάση αυτών των αποτελεσμάτων τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν θεωρούνται αποτελεσματικά για τη χρήση τους στην κατασκευή μονωτικών σανίδων.

Μια ακόμα πληροφορία που απορρέει από τις εργαστηριακές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορά στην προέλευση της πρώτης ύλης.

Εξετάζοντας τον πίνακα 6, συμπεραίνει κανείς ότι για την δημιουργία των μοριοσανίδων 1a, 1b, 4a και 4b έχουν χρησιμοποιηθεί μη ρυπασμένα υλικά, ενώ οι μοριοσανίδες 2a, 2b, 3a και 3b έχει χρησιμοποιηθεί ρυπασμένη πρώτη ύλη.

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, τα προϊόντα που προέρχονται από την περιοχή του Αλιάρτου θεωρούνται μη ρυπασμένα προϊόντα, ενώ τα προϊόντα που προέρχονται από το Λαύριο θεωρούνται ως ρυπασμένα.

Οι πληροφορίες που λαμβάνει ο αναγνώστης από τον πίνακα 6, είναι ότι και στα δύο υλικά, την Κάνναβη και το Κενάφ, οι μοριοσανίδες που δημιουργήθηκαν από ρυπασμένη περιοχή είχαν καλύτερα αποτελέσματα, από τις αντίστοιχες μοριοσανίδες που δημιουργήθηκαν από μη ρυπασμένες περιοχές. Έτσι, θα μπορούσαμε να καλλιεργήσουμε σε ρυπασμένες περιοχές τέτοιου είδους καλλιέργειες, όπου δεν μπορούμε να καλλιεργήσουμε τίποτα άλλο.

Σίγουρα οι διακυμάνσεις που παρουσιάζονται είναι μικρές, αλλά τα αποτελέσματα αυτά δίνουν την δυνατότητα για ανάπτυξη σε ρυπασμένες περιοχές εξελίσσοντας παράλληλα τις ενεργειακές καλλιέργειες βιομηχανικής κάνναβης και κενάφ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μια από τις παραδοχές του πειράματος, ήταν η δημιουργία μοριοσανίδων με ίδιο πάχος. Μια ενδιαφέρον πρόταση για μεταγενέστερες μελέτες είναι η δημιουργία δειγμάτων διαφορετικού πάχους, καθώς το πάχος του υλικού επηρεάζει στη μονωτική ιδιότητα του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- J. Janick, & A. Whipkey. (2002). Trends in new crops and new uses. *ASHS Press*.
- Boulloc, P., Allegret, S., & Arnaud, L. (2013). *Hemp: Industrial production and uses*. Wallingford, UK: CABI .
- Dempsey, J. M. (1975). Fiber crops. *The University Presses of Florida*.
- Duke, A. (1983). *Hibiscus cannabinus: Handbook of Energy Crops*.
- European Commission. (2006). Ανάκτηση από Report from the commission to the council: on the review of the energy crops scheme.
- Fike, J. (2017, Ιανουάριος 04). Industrial Hemp: Renewed Opportunities for an Ancient Crop. σσ. 406-424.
- Francois, L., Donovan, T., & Maas, E. (1990). Salt tolerance of kenaf. Στο J. Janick, & J. Simon, *Advances in new crops* (σσ. 300-301). Portland: Timber Press.
- Hanegraaf, Biewinga, & van der Bijl. (1998). Assessing the ecological and economic sustainability of energy crops. Στο *Biomass and Bioenergy* (σσ. 15, 345 -355).
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2011). *Introduction to Heat Transfer, Binder Ready Version 6th Edition*. Wiley.
- LeMahieu, P., Oplinger, E., & Putnam, D. (1991). *Kenaf*. Department of Agronomy, College of Agricultural and Life Sciences and Cooperative Extension Service, University of Wisconsin - Madison.
- McPartland, J. M., & Hegman, W. (2017, Νοέμβριος 10). Cannabis utilization and diffusion patterns in prehistoric Europe: a critical analysis of archaeological evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, σσ. 627-634.
- Nonhebel, S. (2002). Biomass and Bioenergy. Στο *Energy yields in intensive and extensive biomass production systems* (σσ. 22, 159 – 167).
- Piero and Venturi. (2003). Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems. Στο B. a. Bioenergy.
- Struik, P., Amaducci, S., Bullard, M., Stutterheim, N., Venturi, G., & Cromack, H. (2000). Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. Στο P. Struik, *Industrial Crops and Products* (σσ. 107-118).
- Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση. (2023, Απρίλιος). *Ενεργειακή πολιτική: γενικές αρχές*. Ανάκτηση από <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/el/home>
- Κακάτσιος, Ξ. Κ. (2006). *Αρχές μεταφορές θερμότητας και μάζας*. Συμεών.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2002). *ΚΑΠΕ CRES*. Ανάκτηση από *Ενεργειακές Καλλιέργειες*: <http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=24819&locale=el>
- Μαντάνης, Γ., & Βαμβακάρης, Ι. (2005). *Η μοριοπλάκα - νοβοπάν*. Τεχνικά Μαντανής.
- Μαντάνης, Γ., Νταλός, Γ., & Παπαδόπουλος, Ι. (2004). *Τεχνολογία Ξύλου - Μετρήσεις*. Τομέας Εφαρμοσμένων Τεχνών.
- Νικολαΐδης, Α. (2015). *Βιομηχανική Κάνναβη: Το φυτό και η καλλιέργειά της*. Αθήνα: Αγρότυπος ΑΕ.
- Παπαδόπουλος, Δ. Ν. (1974). *Κανναβις*. Β' Έκδοσις.
- Τροφίμων, Υ. Α. (2006). *Εθνικό Σχέδιο Στρατηγικής Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΣΣΑΑ) της Ελλάδας για την 4η προγραμματική περίοδο (2007-2013)*.
- Χωραφά, Μ. (2003). *«Βιομάζα: μια σημαντική εναλλακτική μορφή ενέργειας»*.

Ψωμάς, Σ. (2003). *Ενέργεια, Περιβάλλον και Επιχειρηματικότητα: Προτάσεις για τον ενεργειακό τομέα στον ελληνικό χώρο*. Έκθεση του Εθνικού Κέντρου Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΚΠΑΑ).