



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

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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***« ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΓΡΟΤΕΣ ΤΗΣ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ »***

Μαρία Βολιώτη

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
Μητάνη Ανδρομάχη, Διδάκτωρ, Επιβλέπων
Νταλός Γεώργιος, Καθηγητής, Μέλος
Τρίγκας Μάριος, Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος

Καρδίτσα 2023

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια οι περιβαλλοντικές ανησυχίες έχουν αυξηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Η αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων έχει προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή, η καταστροφή του όζοντος και η κλιματική αλλαγή. Η ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος και της εξοικονόμησης των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οδήγησε στη αναζήτηση για εναλλακτικών τρόπων βιώσιμης διαχείρισης καυσίμων. Τα βιοκαύσιμα θεωρήθηκαν μία ενδεδειγμένη λύση για την παραγωγή ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία αρχικά παρουσιάζονται τα βιοκαύσιμα και τα πλεονεκτήματά τους, η ταξινόμησή τους, οι διαδικασίες και οι τεχνολογίες παραγωγής τους. Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση στα είδη των ενεργειακών φυτών όπως καλαμπόκι, σιτάρι-βρώμη, ελαιοκράμβη, ηλίανθος, σόγια, βαμβάκι, φοίνικας και Jatropha. Από τη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Θεσσαλία διαπιστώθηκε ότι την πενταετία 2015 - 2019 ο ηλίανθος διατηρεί σταθερά επίπεδα χρήσης εκτάσεων σε στρέμματα με μια πολύ μικρή τάση μείωσης της τάξης του 4%, ενώ υπήρξε μια αλματώδη αύξηση στην καλλιέργεια της ελαιοκράμβης σε ποσοστό 98 %.

Τέλος, διερευνάται μέσω ερωτηματολογίου οι γνώσεις και οι απόψεις των πολιτών και συγκεκριμένα των γεωργών της Θεσσαλίας αναφορικά με την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών που σχετίζονται με τη χρήση των βιοκαυσίμων.

Λέξεις κλειδιά: βιοκαύσιμα, βιοντίζελ, ενεργειακά φυτά, Θεσσαλία, ενεργειακές καλλιέργειες

Abstract

In recent years, environmental concerns have increased globally. The reckless use of fossil fuels has caused significant environmental impacts, such as the greenhouse effect, acid rain, ozone depletion and climate change. The need to protect the environment and save non-renewable energy sources, led to the search for alternative ways of sustainable fuel management. Biofuels were considered an appropriate solution for energy production.

The present study initially presents the advantages of biofuels, their classification and also the processes and technologies are followed for their production. Afterwards, there is an analysis of energy plant species such as corn, wheat-oat, canola, sunflower, soybean, cotton, palm and Jatropha. From the research, which carried out in Thessaly, was found during 2015 - 2019 the sunflower maintains stable levels of land use in hectares, with a very small tendency of decrease of 4%, while there was a leap in the cultivation of rapeseed to a percentage of 98%.

Finally, a questionnaire was made so as to investigate Thessaly farmers' knowledge and opinion, regarding the cultivation of energy plants, from which we produce biofuels.

Keywords: biofuels, biodiesel, energy crops, energy plants, Thessaly

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract.....	3
Περιεχόμενα.....	4
Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
2. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	10
2.1 Λόγοι προώθησης των βιοκαυσίμων.....	11
2.2 Κατηγορίες βιοκαυσίμων.....	12
3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	13
3.1 Βιοκάυσιμα πρώτης γενιάς.....	13
3.1.1 Αιθανόλη.....	13
3.1.2 Βιοντίζελ.....	13
3.1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του βιοντίζελ.....	15
3.1.4 Μετεστερεοποίηση	16
3.1.5 Βιοαέριο.....	17
3.2 Βιοκάυσιμα δεύτερης γενιάς.....	18
3.2.1 Βιοαιθανόλη δεύτερης γενιάς.....	18
3.2.2 Βιοβουτανόλη.....	18
3.2.3 Εφαρμογή υδρόλυσης λιγνοκυτταρίνης για βιοαιθανόλη και παραγωγή βουτανόλης.....	19
3.2.4 Υδρολύματα λιγνοκυτταρινικών υλικών για παραγωγή βιοϋδρογόνου.....	19
3.2.5 Βιοκάυσιμα από τεχνητή λιγνίτη.....	21
3.2.6 Τεχνολογίες προεπεξεργασίας λιγνοκυτταρινικής βιομάζας (LCB) για παραγωγή βιοκαυσίμου.....	21
3.2.6.1 Χημικές μέθοδοι.....	21
3.2.6.2 Φυσικές μέθοδοι.....	23
3.2.6.3 Βιολογικές μέθοδοι	24
3.2.6.4 Συνδυασμένες μέθοδοι.....	24
3.2.7 Βιοσυνθετικό φυσικό αέριο (Bio-SNG).....	25
3.2.8 Υδροεπεξεργασμένο φυτικό έλαιο.....	26
3.3 Βιοκάυσιμα τρίτης γενιάς.....	26
3.3.1 Βιοντίζελ τρίτης γενιάς.....	26
3.3.2 Βιοαιθανόλη τρίτης γενιάς.....	26
3.3.3 Βιοϋδρογόνο.....	27

3.4 Βιοκαύσιμα τέταρτης γενιάς.....	27
3.4.1 Κυανοβακτήρια.....	28
3.4.2 Ευκαρυωτικά μικροφύκη.....	28
4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ.....	29
4.1 Ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρώπη και στην Ελλάδα.....	29
4.2 Καλαμπόκι.....	35
4.3 Ελαιοκράμβη.....	36
4.4 Ηλίανθος.....	37
4.5 Σόγια.....	38
4.6 Σιτάρι-κριθάρι.....	39
4.7 Βαμβάκι.....	40
4.8 Φοίνικας.....	41
4.9 Jatropha.....	42
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	44
5.1 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	44
5.2 Περιγραφή και ανάλυση του δείγματος.....	44
5.3 Εργαλείο Μέτρησης.....	45
5.4 Διαδικασία.....	45
5.5 Ανάλυση δεδομένων.....	46
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	47
6.1 Κατηγορικές μεταβλητές.....	47
6.2 Ποσοστό χρήσης ενεργειακών φυτών.....	53
6.3 Λόγοι χρήσης ενεργειακών φυτών	55
6.4 Εμπόδια και ανάπτυξη στις ενεργειακές καλλιέργειες.....	59
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	63
Βιβλιογραφία.....	65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι-Ερωτηματολόγιο της μελέτης	69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ -Διαγράμματα.....	73

Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων, διαγραμμάτων

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Εικόνα 1: Διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ.....	13
Εικόνα 2: Ένα σχηματικό διάγραμμα για την παραγωγή βιοϋδρογόνου από υλικά λιγνοκυτταρίνης.....	18
Εικόνα 3: Θερμομηχανική και βιοχημική επεξεργασία λιγνοκυτταρίνης βιομάζας σε διάφορα βιοτεχνολογικά προϊόντα προστιθέμενης αξίας.....	22

4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Πίνακας 1: Ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα ανά στρέμμα σε σπόρους και λάδι.....	30
Πίνακας 2: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – έτος 2015.....	31
Πίνακας 3: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – έτος 2016.....	31
Πίνακας 4: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – έτος 2017.....	31
Πίνακας 5: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – έτος 2018.....	32
Πίνακας 6: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – έτος 2019.....	32
Πίνακας 7: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – σε τόνους - έτος 2015.....	32
Πίνακας 8: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – σε τόνους - έτος 2016.....	33
Πίνακας 9: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – σε τόνους - έτος 2017.....	33
Πίνακας 10: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – σε τόνους - έτος 2018.....	33
Πίνακας 11: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία – σε τόνους - έτος 2019.....	34
Εικόνα 4: Φυτό καλαμπόκι.....	35
Εικόνα 5: Ελαιοκράμβη φυτό.....	36
Εικόνα 6: Σπόροι και άνθος ελαιοκράμβης.....	37
Εικόνα 7: Άνθη και σπόροι ηλίανθου.....	38
Εικόνα 8: Σπόροι σόγιας.....	39
Εικόνα 9: Σιτάρι και κριθάρι.....	40
Εικόνα 10: Άνθος βαμβακιού.....	41
Εικόνα 11: Δέντρο φοίνικα.....	42
Εικόνα 12: Φυτό, σπόροι και φρούτα jatropha.....	43

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Διάγραμμα 1:Επιδότηση οικονομικά.....	47
Διάγραμμα 2:Επιδότηση σε σχέση με τις τυπικές καλλιέργειες.....	47
Διάγραμμα 3: Οικονομικό όφελος.....	48
Διάγραμμα 4:Συνολικό κόστος παραγωγής.....	48
Διάγραμμα 5:Απόδοση παραγωγής σε άλλο είδος καλλιέργειας.....	49
Διάγραμμα 6: Υπογραφή σύμβασης.....	49
Διάγραμμα 7:Η συνολική έκταση που καλλιεργείται σε στρέμματα.....	50

Διάγραμμα 8:Πόση απο την συνολική έκταση χρησιμοποιείται για ενεργειακά φυτά.....	51
Διάγραμμα 9:Τίτλοι σπουδών (boxplots) σε σχέση με τις συνολικές καλλιέργειες αλλά και τις καλλιέργειες των ενεργειακών φυτών.....	53
Διάγραμμα 10: Ηλικιακή ομάδα (boxplots) σε σχέση με τις συνολικές καλλιέργειες αλλά και τις καλλιέργειες των ενεργειακών φυτών.....	53
Διάγραμμα 11: Είδη καλλιεργούμενων φυτών.....	54
Διάγραμμα 12: Καλλιέργεια φυτών σε συνάρτηση με την Ηλικιακή ομάδα.....	54
Διάγραμμα 13: Καλλιέργεια φυτών σε συνάρτηση με την περιοχή.....	55
Διάγραμμα 14: Λόγοι επιλογής καλλιέργειας των ενεργειακών φυτών.....	56
Διάγραμμα 15: Μορφωτικό επίπεδο και καλλιέργεια ενεργειακών φυτών.....	56
Διάγραμμα 16: Ηλικιακή ομάδα και καλλιέργεια ενεργειακών φυτών.....	57
Διάγραμμα 17: Άντληση Πληροφοριών για την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών.....	57
Διάγραμμα 18: Άντληση πληροφοριών σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα.....	58
Διάγραμμα 19: Άντληση πληροφοριών σε σχέση με τον τίτλο σπουδών.....	58
Διάγραμμα 20: Εμπόδια για την ευρύτερη καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών.....	59
Διάγραμμα 21: Σεμινάριο σε σχέση με το εμπόδιο ελλιπούς ενημέρωσης.....	61
Διάγραμμα 22: Τρόποι ενίσχυσης των καλλιεργειών με ενεργειακά φυτά.....	62
Πίνακας 12: Τεστ κανονικότητας.....	50
Πίνακας 13: Περιγραφική στατιστική.....	51
Πίνακας 14: Στατιστικό τεστ ως προς τον τίτλο σπουδών.....	52
Πίνακας 15: Στατιστικό τεστ ως προς την ηλικιακή ομάδα.....	52
Πίνακας 16: Διπλής εισόδου.....	60
Πίνακας 17: Στατιστικός έλεγχος του χ^2	60

1. Εισαγωγή

Με την περιορισμένη δεξαμενή πηγών και τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για παγκόσμια ενέργεια, η κάλυψη της ζήτησης αυτής προέρχεται από ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο (Hajjari et al., 2017). Η συνεχής όμως χρήση των ορυκτών καυσίμων πέραν του ότι οδηγεί σε εξάντληση των ορυκτών πόρων, προκαλεί και συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Τα ποσοστά CO_2 στην ατμόσφαιρα αυξάνονται συνεχώς κάνοντας επιτακτική την ανάγκη για αναζήτηση εναλλακτικών καυσίμων, φιλικών προς το περιβάλλον (Mishra and Goswami, 2018).

Τα βιοκαύσιμα είναι εναλλακτικές πηγές ενέργειας που παράγονται από βιομάζα και αποτελούν την καλύτερη λύση για το παγκόσμιο πρόβλημα ενέργειας, και μάλιστα σε χαμηλό κόστος. Τα βιοκαύσιμα πλεονεκτούν στο γεγονός ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον, είναι βιοδιασπώμενα και εξάγονται πολύ εύκολα από τη βιομάζα (Gaurav et al., 2017). Ταξινομούνται σε τέσσερις γενιές με βάση την πηγή από την οποία προέρχονται. Συγκεκριμένα κατηγοριοποιούνται σε βιοκαύσιμα πρώτης, δεύτερης, τρίτης και τέταρτης γενιάς (Deora et al., 2022).

Το βιοντίζελ είναι ένα από τα πιο δημοφιλή βιοκαύσιμα και αποτελεί μεγάλο πεδίο έρευνας από την επιστημονική κοινότητα. Είναι ένα ανανεώσιμο καύσιμο που προέρχεται από ελαιούχες πηγές ή ζωικά λίπη και είναι ίσως η καταλληλότερη εναλλακτική που μπορεί να στηρίξει την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας. Είναι βιοδιασπώμενο, με χαμηλές εκπομπές CO_2 και μηδενική τοξικότητα, μεταξύ των πολλών πλεονεκτημάτων του (Hajjari et al., 2017). Συγκεκριμένα παράγεται από φυτά γνωστά ως ενεργειακές καλλιέργειες, όπως το καλαμπόκι, την ελαιοκράμβη, τον ηλίανθο, τη σόγια, το σιτάρι και το κριθάρι, το βαμβάκι, το φοίνικα και την *Jatropha* ματεξύ άλλων.

Η παρούσα μελέτη αφορά την Ελλάδα και εστιάζει συγκεκριμένα στην περιοχή της Θεσσαλίας. Μελετά την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών για παραγωγή βιοκαυσίμων. Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνήσει τις γνώσεις και τις απόψεις των πολιτών και συγκεκριμένα των γεωργών της Θεσσαλίας αναφορικά με την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών, που σχετίζονται με τη χρήση των βιοκαυσίμων. Τα ερευνητικά ερωτήματα (ΕΕ) που μελετήθηκαν είναι τα εξής:

ΕΕ1: Το ποσοστό χρήσης των ενεργειακών φυτών από τους αγρότες της Θεσσαλίας?

ΕΕ2: Οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούν τα ενεργειακά φυτά?

ΕΕ3: Μπορεί στην Θεσσαλία να αναπτυχθεί η καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών? Ποιά τα εμπόδια?

Η διεξαγωγή της έρευνας έγινε με τη χρήση του ερωτηματολογίου και χρησιμοποιήθηκε δείγμα 102 ενήλικων αγροτών της Περιφέρειας Θεσσαλίας, κυρίως ανδρών, σε ποσοστό 85,3% και εκπροσώπηση από όλες τις ηλικιακές ομάδες. Από την έρευνα προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Η μελέτη αποτελείται από έξι κεφάλαια. Το δεύτερο κεφάλαιο εστιάζει στα βιοκαύσιμα, στους λόγους προώθησης των βιοκαυσίμων και στις κατηγορίες βιοκαυσίμων. Το τρίτο κεφάλαιο αναλύει τα βιοκαύσιμα πρώτης, δεύτερης, τρίτης και τέταρτης γενιάς. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι ενεργειακές καλλιέργειες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ. Το πέμπτο κεφάλαιο επεξηγεί τη μεθοδολογία της έρευνας, δηλαδή αναλύει το δείγμα, περιγράφει το εργαλείο, δηλαδή το ερωτηματολόγιο καθώς και τη διαδικασία που ακολουθήθηκε. Κατόπιν, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας. Τέλος, το έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζει τα συμπεράσματα και τις προτάσεις που απορρέουν από τη συγκεκριμένη μελέτη.

2. Βιοκαύσιμα

Τα ορυκτά καύσιμα είναι η κύρια πηγή της παγκόσμιας ενέργειας. Η ζήτηση αυξάνεται εξαιτίας του ολοένα αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού. Ωστόσο τα ορυκτά καύσιμα είναι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και υπολογίζεται ότι θα “στεγνώσουν” γρήγορα μέσα σε 50 χρόνια. Επίσης, η καύση των ορυκτών καυσίμων οδηγεί στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, που συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη και συνδέονται με αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Αυτό απαιτεί την εξερεύνηση διαφορετικών πηγών ανανεώσιμης ενέργειας, μία από τις οποίες είναι τα βιοκαύσιμα (Mat Aron et al., 2020).

Τα βιοκαύσιμα παράγονται από τη ζύμωση βιολογικών πρώτων υλών, που περιέχουν ζυμώσιμα σάκχαρα, λιπίδια και υδατάνθρακες. Έτσι, η βιομάζα των πρώτων υλών μετατρέπεται σε διαφορετικές μορφές ενέργειας, όπως η ηλεκτρική ενέργεια, το βιοαέριο, τα υγρά καύσιμα (Mat Aron et al., 2020). Έχουν αναδειχθεί ως εναλλακτική πηγή ενέργειας και αποτελούν ευνοϊκή επιλογή καυσίμου, λόγω της βιοδιασπαιμότητάς τους και της παραγωγής καυσαερίων αποδεκτής ποιότητας για το περιβάλλον. Συγκεκριμένα, θεωρούνται σημαντικός τρόπος προόδου για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της βελτίωσης της ποιότητας του αέρα (Zhang et al., 2016).

Όμως, παρά τα οφέλη των βιοκαυσίμων, προσφέρουν επίσης και μειονεκτήματα σε ό,τι αφορά στην περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική βιωσιμότητα. Από τη μία η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η ενεργειακή ασφάλεια και η αγροτική ανάπτυξη είναι οι σημαντικότεροι μοχλοί για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Από την άλλη όμως υπάρχουν ανησυχίες ότι η αυξημένη παραγωγή βιοκαυσίμων θα οδηγήσει σε ανεπιθύμητες συνέπειες βιωσιμότητας, όπως ανοδικές τιμές τροφίμων, κίνδυνοι υποβάθμισης της γης, των δασών, των υδάτινων πόρων, των οικοσυστημάτων, αλλά και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Jeswani et al., 2020).

Συγκεκριμένα, τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς απαιτούν μεγάλης κλίμακας παραγωγή πρώτης ύλης, με αποτέλεσμα να απαιτούνται περισσότερες γεωργικές εκτάσεις, και ως εκ τούτου, μειωμένα εδάφη για την παραγωγή τροφής για ανθρώπους και ζώα (Chowdhury and Loganathan, 2019). Επίσης, η χρήση νερού για την παραγωγή των πρώτων υλών, ιδιαίτερα για τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, μπορεί να είναι υψηλή, και αυτό είναι αρκετά ανησυχητικό καθώς οι απαιτήσεις για νερό ενδέχεται να ανταγωνίζονται το νερό που χρησιμοποιείται για άλλους σκοπούς, όπως η παραγωγή τροφίμων (Jeswani et al., 2020).

Επιπρόσθετα, τα βιοκαύσιμα έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν στην απώλεια της βιοποικιλότητας, μέσω της απώλειας ή της υποβάθμισης των οικοτόπων, καθώς και της υπερεκμετάλλευσης και της μη βιώσιμης χρήσης της γης (Jeswani et al., 2020).

2.1 Λόγοι προώθησης των βιοκαυσίμων

Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση των τιμών του αργού πετρελαίου είχε ως αποτέλεσμα τα βιοκαύσιμα να αποτελούν μέρος των ενεργειακών συζητήσεων. Εκτός όμως από τις τιμές, οι λόγοι για τους οποίους οι κυβερνήσεις δείχνουν ενδιαφέρον για τα βιοκαύσιμα είναι πάρα πολλοί, ακόμη και όταν χρειάζονται επιδοτήσεις που τα καθιστούν εμπορικά βιώσιμα. Πιο συγκεκριμένα οι λόγοι περιλαμβάνουν την ενεργειακή ασφάλεια, τις ανησυχίες για τα εμπορικά ισοζύγια, την επιθυμία μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και πιθανά οφέλη για τα μέσα διαβίωσης της υπαίθρου (Dufey, 2006).

Ενεργειακή ασφάλεια : Η άνιση παγκόσμια κατανομή των προμηθειών πετρελαίου (75% στη Μέση Ανατολή), η αστάθεια των παγκόσμιων τιμών του πετρελαίου οι μη ανταγωνιστικές δομές που κανονίζουν την προσφορά πετρελαίου (δηλαδή το καρτέλ του ΟΠΕΚ) και η μεγάλη εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα επιτρέποντας χώρες εισαγωγής πετρελαίου να είναι ευάλωτες σε διακοπή του εφοδιασμού (Dufey, 2006). Αυτή η ευπάθεια απεικονίζεται έντονα στις πρόσφατες διακοπές στον εφοδιασμό πετρελαίου από τη Ρωσία στη Λευκορωσία λόγω πολιτικών διαφωνιών. Τα βιοκαύσιμα είναι συχνά μέρος μιας στρατηγικής για διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας για τη μείωση των κινδύνων εφοδιασμού.

Εμπορικό ισοζύγιο - Οι φτωχές χώρες εισαγωγής πετρελαίου καταναλώνουν μεγάλο μέρος του αποθέματος σε ξένο νόμισμα για αγορά λαδιού. Η παραγωγή βιοκαυσίμων ως υποκατάστατο των εισαγωγών πετρελαίου βοηθά στη μείωση του λογαριασμού πετρελαίου.

Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) – Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι η χρήση των βιοκαυσίμων ελαττώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα (International Energy Agency (IEA), 2004), αν και το μέγεθος της μείωσης αμφισβητείται και εξαρτάται από την τεχνολογία καλλιέργειας και παραγωγής (Farrell, et al.) (Sims, Hastings, Schlamadinger, Taylor, & Smith, 2006). Κάποιες μελέτες δείχνουν ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων παράγει περισσότερο GHG από ό,τι εξοικονομεί στην καύση (Pimentel, 2003).

Αγροτική ανάπτυξη και δημιουργία εισοδήματος - Τα βιοκαύσιμα προκαλούν νέα ζήτηση για γεωργικά προϊόντα, δημιουργία θέσεων εργασίας σε αγροτικές περιοχές και αύξηση του εισοδήματος των αγροτών μέσω των υψηλότερων τιμών των βασικών προϊόντων.

2.2 Κατηγορίες βιοκαυσίμων

Ταξινομούνται σε τέσσερις (4) κατηγορίες, ανάλογα με την πρώτη ύλη παραγωγής τους, και συγκεκριμένα σε πρώτη, δεύτερη, τρίτη και τέταρτη γενιά βιοκαυσίμων. Κάθε μία από τις γενιές

αυτές στοχεύει στην κάλυψη της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Mat Aron et al., 2020).

Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς παράγονται από αποθέματα βρώσιμων τροφών, όπως σιτάρι, ρύζι, πατάτα, ζαχαροκάλαμο, κριθάρι, αλλά και φυτικά έλαια. Τα έλαια εξάγονται από τη βιομάζα και μετατρέπονται σε βιοαιθανόλη ή βιοντίζελ, μέσω της μετεστερεοποίησης (Chowdhury and Loganathan, 2019).

Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς παράγονται από μη βρώσιμα αποθέματα, όπως υπολείμματα δασών, γεωργικά απόβλητα ή ξυλώδη βιομάζα. Εκπέμπουν λιγότερα αέρια σε σύγκριση με τις άλλες τρεις γενιές και ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους είναι ότι η πρώτη ύλη δεν χρειάζεται να καλλιεργηθεί, εφόσον παράγονται από βιομάζα αποβλήτων. Έχουν όμως υψηλό κόστος κεφαλαίου, εξαιτίας του ακριβού και περίπλοκου εξοπλισμού επεξεργασίας (Mat Aron et al., 2020).

Σε ό,τι αφορά στα βιοκαύσιμα τρίτης γενιάς, εξάγονται από βιομάζα μικροφυκών, τα αυτοτροφικά, που καταναλώνουν ανόργανο άνθρακα, τα ετεροτροφικά, που καταναλώνουν οργανικό άνθρακα, και τα μικτότροφα που καταναλώνουν και τα δύο. Έχουν υψηλή φωτοσυνθετική ικανότητα και έτσι μπορούν να παράγουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια. Ωστόσο το βιοκαύσιμο που παράγουν είναι λιγότερο σταθερό σε σχέση με άλλες γενιές (Chowdhury and Loganathan, 2019).

Τέλος, η τέταρτη γενιά εστιάζει στη γενετική τροποποίηση των μικροφυκών. Αποσκοπεί στην παραγωγή μικροφυκών που μπορούν να δεσμεύσουν μεγάλες ποσότητες CO₂, να αυξήσουν την παραγωγικότητα των βιοκαυσίμων και την προσαρμοστικότητα των μικροφυκών στα λύματα, χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες (Mat Aron et al., 2020).

3. Τεχνολογίες παραγωγής βιοκαυσίμων

3.1 Βιοκαύσιμα Πρώτης Γενιάς

3.1.1 Αιθανόλη

Η βιοαλκοόλη, δηλαδή η αιθανόλη, λαμβάνεται κυρίως με ζύμωση σακχάρων από ζαχαροκάλαμο και άμυλο. Η βουτανόλη και η προπανόλη σχηματίζονται ως παραπροϊόντα κατά την παρασκευή βιοαλκοολών. Η αιθανόλη είναι σημαντικό βιοκαύσιμο πρώτης γενιάς, το οποίο έχει μελετηθεί καλά ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Κύρια πηγή της αιθανόλης παγκοσμίως είναι το καλαμπόκι, με τις Ηνωμένες Πολιτείες να παράγουν το μεγαλύτερο μέρος αυτού (Datta et al., 2019).

Η χρήση καυσίμων αναμεμιγμένων με αιθανόλη μπορεί να μειώσει τις καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έως και 37,1%. Γενικά, υπάρχουν δύο διαδικασίες για την παραγωγή ζυμώσιμου υδατάνθρακα από καλαμπόκι. Ένα από αυτά είναι η ξηρή άλεση, που είναι η οδός με το χαμηλότερο κόστος για ένα ζυμώσιμο ενδιάμεσο, και μια άλλη είναι η υγρή άλεση που παράγει μια εξαιρετικά ραφινάρισμα καθαρή γλυκόζη, αλλά απαιτεί σημαντική επένδυση κεφαλαίου και λειτουργίας. Η κλασμάτωση καλαμποκιού σε ξηρό μύλο επιτρέπει τον χαμηλού κόστους διαχωρισμό φύτρων και ινών από κλασματοποιημένο πολτό καλαμποκιού (Datta et al., 2019).

Οι επιπτώσεις της αιθανόλης καταλήγουν σε μια συνολική μείωση του σχηματισμού όζοντος, που αποτελεί έναν σημαντικό περιβαλλοντικό συναγερμό. Κερδίζει την ενεργειακή προστασία, καθώς μετατοπίζει την ανάγκη για κάποιο πετρέλαιο ξένης παραγωγής σε εγχώριες πηγές ενέργειας. Η αιθανόλη καίγεται πιο δύσκολα και μειώνει το βαθμό πρόσθετων υψηλού οκτανίου. Οι διαρροές καυσίμου από την αιθανόλη είναι πιο απλά βιοαποικοδομήσιμες ή αραιώνονται σε μη τοξικές συγκεντρώσεις. Όμως, η παραγωγή αιθανόλης απαιτεί σημαντική ενέργεια και τεράστια έκταση. Επίσης, μπορεί να επηρεάσει τις ηλεκτρικές αντλίες καυσίμου αυξάνοντας την εσωτερική φθορά και τη δημιουργία ανεπιθύμητων σπινθήρων (Datta et al., 2019).

3.1.2 Βιοντίζελ

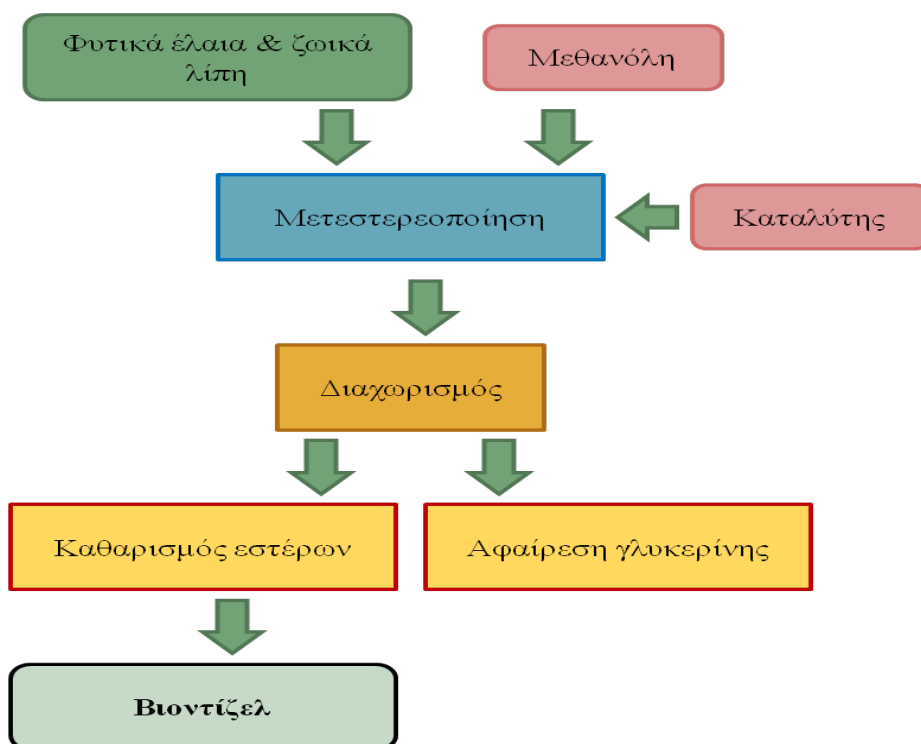
Ο αυξανόμενος παγκόσμιος πληθυσμός και οι αντίστοιχες ενεργειακές του απαιτήσεις επιβαρύνουν σημαντικά τις φυσικές πηγές ενέργειας (Maheswari et al., 2022). Τα ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, εξαντλούνται γρήγορα και η καύση τους

προκαλεί επιζήμιες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για την περιβαλλοντική λοιπόν βιωσιμότητα απαιτούνται ανανεώσιμα καύσιμα από φυσικούς πόρους (Mishra and Goswami, 2018).

Το βιοντίζελ έχει κερδίσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας τα τελευταία χρόνια, και όχι άδικα, μιας και αποτελεί ένα εναλλακτικό καύσιμο, πολλά υποσχόμενο και αρκετά ελκυστικό λόγω της φιλικότητάς του προς το περιβάλλον (Mishra and Goswami, 2018). Είναι ένα καθαρό κίτρινο υγρό με ιώδες, παρόμοιο με το πετρέλαιο, αλλά με ακόμα περισσότερες δυνατότητες (Maheswari et al., 2022).

Ιστορικά, η πρώτη αναφορά σε βιοντίζελ έγινε το 1900 από τον Rudolf Diesel, ο οποίος έδειξε σε έκθεση στο Παρίσι έναν κινητήρα που λειτουργούσε με 100% φυσικέλαιο. Μάλιστα, το 1911 ο ίδιος δήλωσε: «Ο κινητήρας ντίζελ μπορεί να τροφοδοτηθεί με φυτικά έλαια και θα βοηθούσε σημαντικά στην ανάπτυξη της γεωργίας των χωρών που τον χρησιμοποιούν». Οι ιδέες του Diesel για τη γεωργία και η εφεύρεσή του παρείχαν τα θεμέλια για μια κοινωνία που τροφοδοτείται με καθαρά, ανανεώσιμα καύσιμα, τοπικής παραγωγής. Στη Γαλλία, οι πρώτες δοκιμές με μεθυλεστέρες και αιθυλεστέρες φυτικών ελαίων πραγματοποιήθηκαν το 1940. Ταυτόχρονα, Βέλγοι επιστήμονες χρησιμοποιούσαν αιθυλεστέρα φοινικέλαιου ως καύσιμα για λεωφορεία. Η έρευνα ήταν αργή μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 1980, οι ανησυχίες για τις υψηλές τιμές του πετρελαίου, οδήγησαν σε εκτεταμένους πειραματισμούς με λίπη και έλαια ως εναλλακτικά καύσιμα (Mishra and Goswami, 2018).

Τι είναι όμως το βιοντίζελ? Είναι ένα καύσιμο που αποτελείται από μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (Fatty Acid Methyl Esters – FAME). Παράγεται με αντίδραση μετεστερεοποίησης ζωικών λιπών ή φυτικών ελαίων, όπως σογιέλαιο, ηλιέλαιο, κραμβέλαιο, φοινικέλαιο, κ.α., τα οποία αντιδρούν με μονοϋδρική αλκοόλη, συνήθως μεθανόλη. Τα τριγλυκερίδια αντιδρούν με τη μεθανόλη και ανάγονται σε μεθυλεστέρα και γλυκερόλη παρουσία καταλύτη. Η γλυκερόλη αφαιρείται και οι παραγόμενοι εστέρες είναι γνωστοί ως βιοντίζελ (Sundus et al., 2015). Στην εικόνα 1 φαίνεται σχηματικά η διαδικασία παραγωγής του βιοντίζελ.



Εικόνα 1: Διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ

Σημαντικό είναι το βιοντίζελ να περιέχει τουλάχιστον 96,4% εστέρες. Το υπόλοιπο μπορεί να είναι ακαθαρσίες, όπως νερό, ίζημα, ελεύθερη γλυκερίνη, μονογλυκερίδια, διγλυκερίδια, τριγλυκερίδια, αλκαλικά μέταλλα κλπ. Η παρουσία και συγκέντρωση αυτών των συστατικών μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις ιδιότητες του καυσίμου (Sundus et al., 2015).

3.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ αν και είναι ένα πολλά υποσχόμενο εναλλακτικό καύσιμο, έχει διχάσει την επιστημονική κοινότητα, διότι εκτός από πλεονεκτήματα έχει και μειονεκτήματα.

Ξεκινώντας από τα θετικά, οι Mishra and Goswami, (2018) υποστήριξαν ότι το βιοντίζελ έχει ως ανταγωνιστικό πλεονέκτημα το γεγονός ότι έχει πολλές εναλλακτικές ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του. Η ευελιξία του αυτή σε σχέση με την πρώτη ύλη, το καθιστά ως την πιο κατάλληλη εναλλακτική λύση για παραγωγή ενέργειας. Επίσης, έχει 10-11% οξυγόνο που το κάνει ένα καύσιμο με υψηλά χαρακτηριστικά καύσης. Ταυτόχρονα, παράγει 78% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα, σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα, καθώς και λιγότερο καπνό, κάτι που το καθιστά ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον. Είναι ανανεώσιμο, μη τοξικό, μη εύφλεκτο, εύκολα διαθέσιμο, βιοδιασπώμενο, χωρίς περιεκτικότητα σε θείο και αρωματικά. Η παραγωγή

του μπορεί να αυξηθεί εύκολα, επειδή δεν υπάρχει ανάγκη για γεώτρηση, μεταφορά ή διύλιση, όπως με τα ορυκτά καύσιμα.

Από την άλλη, η πρώτη ύλη για το βιοντίζελ θα πρέπει να πληροί δύο βασικές απαιτήσεις: χαμηλό κόστος παραγωγής και μεγάλης κλίμακας παραγωγή. Σύμφωνα με τους Maheswari et al., (2022), η επιλογή των πρώτων υλών είναι βασικός παράγοντας για τον καθαρισμό της ποιότητας, αλλά και του κόστους του παραγόμενου βιοντίζελ. Η επιλογή λοιπόν της κατάλληλης πρώτης ύλης είναι το δύσκολο έργο, αλλά και ο παράγοντας που διέπει την οικονομική παραγωγή. Η πηγή του βιοντίζελ εξαρτάται από καλλιέργειες που είναι κατάλληλες για το τοπικό κλίμα της κάθε περιοχής. Αυτός είναι γενικά ένας σημαντικός περιορισμός, ο οποίος επηρεάζει την τιμή του βιοντίζελ και το καθιστά κάποιες φορές πιο ακριβό και από το συμβατικό ντίζελ.

Μεταξύ των άλλων μειονεκτημάτων του, συγκαταλέγεται το πρόβλημα συμβατότητας με ορισμένα υλικά, η οξείδωση σε υψηλές θερμοκρασίες λόγω της χημικής του σύνθεσης και του υψηλού ακόρεστου, η κακή θερμική σταθερότητα και οι εκπομπές διοξειδίου του αζώτου. Μάλιστα κάποιες φορές είναι και ιδιαίτερα διαβρωτικό στη φύση (Sundus et al., 2015).

Γενικά, η παραγωγή και κατανάλωση βιοντίζελ έχουν αυξηθεί σημαντικά με την πάροδο των ετών. Οι ερευνητές λοιπόν επικεντρώνεται στην εύρεση οικονομικών πρώτων υλών καθώς και στην επίλυση των υπόλοιπων προβλημάτων. Μιλάμε για ένα καύσιμο που θα μειώσει τις ανθρωπογενείς εκπομπές και θα τονώσει την οικονομία κάθε χώρας (Maheswari et al., 2022).

3.1.4 Μετεστερεοποίηση

Σύμφωνα με τους Cordero- Ravelo και Schallenberg- Rodriguez, (2018), η μετεστερεοποίηση είναι μία από τις πιο κοινές μεθόδους που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοντίζελ, αλλά και η πιο αποτελεσματική. Είναι γνωστή και ως αλκοόλυση και είναι η αντίδραση ενός λίπους ή λαδιού με μια αλκοόλη για το σχηματισμό εστέρων και γλυκερίνης. Συνήθως χρησιμοποιείται και ένας καταλύτης για τη βελτίωση του ρυθμού αντίδρασης και απόδοσης.

Οι αλκοόλες είναι πρωτογενείς και δευτερογενείς, μονοϋδρικές, με 1 ± 8 άτομα άνθρακα. Μεταξύ των αλκοολών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μετεστερεοποίηση είναι η μεθανόλη, η αιθανόλη, η προπανάλη, η βουτανόλη και η αμυλική αλκοόλη. Συχνότερα όμως χρησιμοποιούνται η μεθανόλη και η αιθανόλη λόγω του χαμηλού τους κόστους, αλλά και λόγω των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων τους. Πολύ σημαντικό είναι ότι γεγονός ότι μπορούν να αντιδράσουν ταχύτατα με τα τριγλυκερίδια. Για να ολοκληρωθεί στοιχειομετρικά μια μετεστερεοποίηση απαιτείται μοριακή αναλογία αλκοόλης προς τριγλυκερίδια 3:1. Στην πράξη όμως η αναλογία πρέπει να είναι υψηλότερη, ώστε να οδηγήσει την ισορροπία σε μια μέγιστη απόδοση εστέρα (Ma and Hanna, 1999).

Η αντίδραση μπορεί να καταλυθεί από αλκάλια οξέα ή ένζυμα. Τα αλκάλια περιλαμβάνουν NaOH, KOH, ανθρακικά άλατα και τα αντίστοιχα αλκοξείδια του νατρίου και του καλίου, όπως το μεθοξείδιο του νατρίου, το αιθοξείδιο του νατρίου, το προποξείδιο του νατρίου και βουτοξείδιο του νατρίου. Το θειικό οξύ, τα σουφλονικά οξέα και το υδροχλωρικό οξύ χρησιμοποιούνται συνήθως ως όξινοι καταλύτες (Ma and Hanna, 1999).

Η μετεστερεοποίηση που καταλύεται με αλκάλια είναι πολύ ταχύτερη από αυτή που καταλύεται με οξέα και χρησιμοποιείται συχνότερα στο εμπόριο. Στη μετεστερεοποίηση με αλκάλια όμως το νερό μετατρέπει την αντίδραση μερικώς σε σαπωνοποίηση. Το σαπούνι μειώνει την απόδοση των εστέρων και δυσχεραίνει το διαχωρισμό εστέρα και γλυκερίνης. Τα τριγλυκερίδια μπορούν να καθαριστούν με σαπωνοποίηση και στη συνέχεια να διαστειρωθούν χρησιμοποιώντας έναν αλκαλικό καταλύτη. Μετά τη μετεστερεοποίηση το προϊόν είναι ένα μείγμα εστέρων, γλυκερίνης, αλκοόλης, καταλύτη και τριγλυκεριδίων (Ma and Hanna, 1999) .

Μια αποτελεσματική διαδικασία μετεστερεοποίησης είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή βιοντίζελ, καθώς προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως σχέση κόστους- αποτελεσματικότητας αλλά και απλοποίηση στη λειτουργική διαδικασία (Ishak and Kamari, 2018). Επίσης, η μετεστερεοποίηση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται και στην παραγωγή απορρυπαντικών, αλλά και καλλυντικών.

3.1.5 Βιοαέριο

Το βιοαέριο έχει τη δυνατότητα να γίνει η προτιμώμενη λύση για την αποθήκευση ενέργειας του μέλλοντος. Παράγεται από αναερόβια διάσπαση διαφορετικών βιολογικών πρώτων υλών και γενικά αποτελείται από περίπου 60% μεθάνιο (CH_4) και 40% διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), με περίπου 2000 ppm υδρόθειο (H_2S) (Villadsen et al., 2019).

Η πλειονότητα των μονάδων βιοαερίου παράγει συνδυασμένη θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια (CHP), ενώ ένας πολύ μικρός αριθμός, περίπου το 2% όλων των μονάδων, παράγει βιομεθάνιο. Για την παραγωγή βιομεθανίου, το CO_2 πρέπει να αφαιρεθεί από το βιοαέριο, προκειμένου να διασφαλιστεί μια αρκετά υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, ώστε να επιτρέπεται η έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου. Αυτό ονομάζεται αναβάθμιση βιοαερίου και το CO_2 είναι απόβλητο από αυτή τη διαδικασία (Villadsen et al., 2019).

3.2 Βιοκαύσιμα Δεύτερης Γενιάς

3.2.1 Βιοαιθανόλη Δεύτερης Γενιάς

Γενικά, η δεύτερη και οι επόμενες γενεές βιοκαυσίμων, συμπεριλαμβανομένης της βιοαιθανόλης, δεν ανταγωνίζονται τις προμήθειες τροφίμων, καθώς βασίζονται σε μη εδώδιμες πρώτες ύλες. Η δεύτερη γενιά βιοαιθανόλης παράγεται τυπικά από λιγνοκυτταρινική βιομάζα, αλλά είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθούν βιομηχανικά υποπροϊόντα, όπως ορός γάλακτος ή ακατέργαστη γλυκερόλη, ως πρώτη ύλη. Αυτή η βιομάζα είναι συνήθως σχετικά φθηνή, καθώς και άμεσα και τοπικά διαθέσιμη. Η λιγνοκυτταρίνη θεωρείται ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή άνθρακα και εμφανίζεται σε πολλές φυτικές πρώτες ύλες (Robak and Balcerek, 2018).

Η αιθανόλη περιέχει 35% οξυγόνο που μειώνει τις εκπομπές σωματιδίων λόγω της πλήρους καύσης. Οι εκπομπές καυσαερίων που οφείλονται στην αιθανόλη έχουν μικρότερο επίπεδο τοξικότητας από αυτό των πηγών ορυκτών καυσίμων. Έχει υπολογιστεί ότι ένα μείγμα αιθανόλης 10% μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 12% έως 19% σε σύγκριση με τα κανονικά ορυκτά καύσιμα (Baig et al., 2018).

3.2.2 Βιοβουτανόλη

Παρασκευάζεται με διαδικασία όπως η αιθανόλη αλλά με διαφορετικούς μικροοργανισμούς. Η βουτανόλη είναι ένα βιοκαύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην υπάρχουσα υποδομή για διανομή, αποθήκευση και κατανάλωση υγρών καυσίμων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τυπικό βενζινοκινητήρα χωρίς τροποποίηση (Amiri and Karimi, 2019).

Σε σύγκριση με την αιθανόλη, η βουτανόλη περιέχει σχεδόν 30% υψηλότερη ογκομετρική πυκνότητα ενέργειας. Επίσης, η βουτανόλη συγκριτικά με την αιθανόλη είναι λιγότερο διαλυτή στο νερό. Έχει αποδειχθεί ότι περίπου η μισή αιθανόλη εξάγεται από το μείγμα αιθανόλης βενζίνης στην υδατική φάση με το ένα δέκατο του όγκου, ενώ μόνο το 5% της βουτανόλης ανάγεται από το μείγμα βενζίνης βουτανόλης σε παρόμοια κατάσταση (Amiri and Karimi, 2019).

Η χαμηλή τάση ατμών είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό της βουτανόλης ως καυσίμο. Έχοντας σχετικά χαμηλή τάση ατμών, η βουτανόλη μπορεί να αναμιχθεί με βενζίνη για τη ρύθμιση χαμηλού κόστους της πίεσης ατμών και τον περιορισμό των εκπομπών άκαυστου καυσίμου με εξάτμιση. Επιπλέον, με τη χρήση μιγμάτων βενζίνης βουτανόλης, μεγάλες ποσότητες συστατικών υδρογονανθράκων χαμηλότερης αξίας με υψηλή τάση ατμών μπορούν να αναμιχθούν με βενζίνη (Amiri and Karimi, 2019).

3.2.3 Εφαρμογή υδρόλυσης λιγνοκυτταρίνης για βιοαιθανόλη και παραγωγή βιοβουτανόλης

Η ανάπτυξη στελεχών ζύμωσης είναι ενδιαφέρουσα τόσο σε ταυτόχρονες όσο και σε μεμονωμένες διαδικασίες, αφού μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα των βιοκαυσίμων και να μειώσει τα βήματα προεπεξεργασίας που στοχεύουν στο να αφαιρέσουν τις ημικυτταρίνες. Ακόμα σε αυτό το πλαίσιο, οι (Ishola, Brandberg, & Taherzadeh, 2015) χρησιμοποίησε μία συνεχή διαδικασία ελέγχου προσθήκης σακχάρων μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται ταυτόχρονη διήθηση και ζύμωση σακχαροποίησης, στην οποία η βιομάζα (άχυρο σίτου) και το υδρόλυμα πέρασαν από ένα φίλτρο. Η βιομάζα επέστρεψε στον αντιδραστήρα υδρόλυσης και ο πλούσιος σε σάκχαρο ζωμός πήγε στον ζυμωτήρα, όπου τα κύτταρα ζύμης ακινητοποιήθηκαν για περισσότερες από μία χρήσεις σε όλη τη φόρτωση της ζάχαρης.

Η συμβατική μέθοδος χρησιμοποιεί κυτταρινάσες για να υδρολύσει λιγνοκυτταρίνη βιομάζα και μετά, σε μια ξεχωριστή διαδικασία, χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί για να παράγουν βιοκαύσιμα ή άλλα μόρια ενδιαφέροντος. Σε αυτήν τη διαδικασία, είναι δυνατόν να εκτελεστούν τα μεμονωμένα βήματα υπό τις βέλτιστες συνθήκες τους (Jouzani & Taherzadeh, 2015). Η ταυτόχρονη μέθοδος συνήθως περιλαμβάνει προ-υδρόλυση πριν από τον εμβολιασμό του ζυμωτικού στελέχους, και τη χρήση ζυμομύκητων ή βακτηρίων, επειδή τα ένζυμα εφαρμόστηκαν στη σακχαροποίηση χρειάζονται συγκριτικά υψηλότερες θερμοκρασίες (περίπου 50 °C) από την υδρόλυση. Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η ανάπτυξη εναλλακτικών εκδόσεων ταυτόχρονων διεργασιών, όπως ταυτόχρονη σακχαρίωση και ζύμωση, όπου τόσο το υγρό όσο και το στερεό κλάσμα από την προκατεργασία χρησιμοποιείται από τη ζύμωση μικροοργανισμού για την παραγωγή του βιοκαυσίμου. Εάν το ΜΟ μπορεί να μετατρέψει τη γλυκόζη και την ξυλόζη ταυτόχρονα, η ζύμωση μπορεί να πραγματοποιείται στο ίδιο σκάφος.

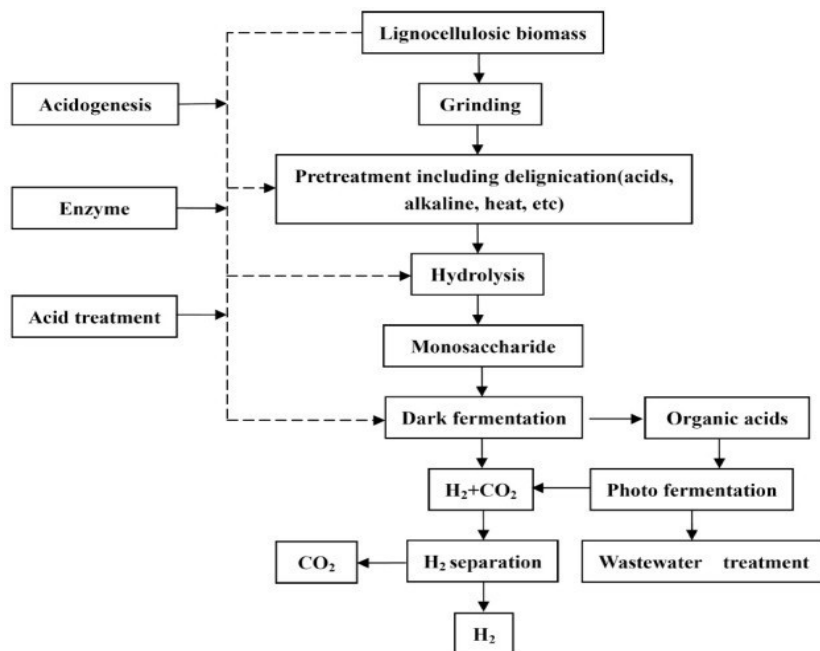
3.2.4 Υδρολύματα λιγνοκυτταρινικών υλικών για παραγωγή βιοϋδρογόνου

Η παραγωγή H_2 από ανανεώσιμη βιομάζα από τη σκοτεινή ζύμωση ή photofermentation είναι μια από τις ιδανικές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα, δεδομένου ότι μπορεί να προσφέρει τον βιώσιμο εφοδιασμό με ωφέλιμη H_2 από μια ποικιλία ανανεώσιμων πόρων με χαμηλές εκπομπές ρύπανσης, χαμηλό κόστος, αναγέννηση και υψηλή απόδοση. Μέχρι τώρα τα σάκχαρα και το άμυλο ήταν υπεύθυνα για την μείζονα πρώτη ύλη του παραγόμενου βιο- H_2 . Ωστόσο, αυτοί οι αγνοί υδατάνθρακες (carbohydrates) είναι ακριβοί για H_2 εμπορική εφαρμογή. Αντ' αυτού, μεγάλες ποσότητες H_2 μπορούν να παραχθούν από κυτταρινικά υλικά με ζύμωση υπό συνθήκες που είναι υπέρ για παραγωγή H_2 και αναστέλλουν βακτήρια που παράγουν μεθάνιο (Hawkes et al., 2002).

Το υδρογόνο ως ένα από τα πιο άφθονα στοιχεία του σύμπαντος, θεωρείται ως ένας από τους πιο υποσχόμενους φορείς εναλλακτικής ενέργειας, ως μία βιώσιμη ενεργειακή επιλογή, χωρίς εκπομπές CO₂. Μέχρι αυτή τη στιγμή το περισσότερο H₂ παράγεται από την ηλεκτρόλυση του νερού ή την καταλυτική αναμόρφωση των μη ανανεώσιμων πηγών, όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας (Mueller- Langer et al., 2007). Αυτές οι παραδοσιακές μέθοδοι μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και ακόμη και να επιφέρουν σοβαρές εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον. Ως εκ τούτου, η βιώσιμη ενεργειακή ανάπτυξη απαιτεί επειγόντως την εξοικονόμηση ενέργειας και καθαρό H₂ μέσα από την τεχνολογία παραγωγής.

Αν και τα λιγνοκυτταρικά υλικά στη φύση είναι μακράν η πιο άφθονη πρώτη ύλη και μπορεί να μετατραπεί σε H₂ με υδρόλυση και κατάντη της ζύμωσης, η λιγνοκυτταρική βιομάζα πρέπει να μετατραπεί σε μονοσακχαρίτες ή άλλες ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους με προκατεργασία και υδρόλυση πριν από την ζύμωση (Εικόνα 2).

Γενικά, τα συστατικά υδρολύματος είναι διαφορετικά λόγω της σύνθετης δομής της λιγνοκυτταρίνης, στην οποία η γλυκόζη και η ξυλόζη είναι τα κύρια προϊόντα στα προϊόντα υδρόλυσης λιγνοκυτταρινικών υλικών, άλλα σάκχαρα, όπως η αραβινόζη, μπορεί να σχηματιστούν σε χαμηλή ποσότητα.



Εικόνα 2: Ένα σχηματικό διάγραμμα για την παραγωγή βιοϋδρογόνου από υλικά λιγνοκυτταρίνης

3.2.5 Βιοκαύσιμα από τεχνική λιγνίνη

Τα καύσιμα που προέρχονται από λιγνίνη μπορούν να παρθούν απευθείας από αποπολυμερισμό ενός δοχείου ή μέσω αναβάθμισης του βιοέλαιου που λαμβάνεται από την αποικοδόμηση της βιομάζας και από τις δύο χημικές ή βιοχημικές οδούς. Υπό αναγωγικές συνθήκες, υδρογονάνθρακες μπορούν να σχηματιστούν σε διαφανή υγρή μορφή, με αριθμούς άνθρακα από C6 eC9 και C12 eC17 , που καλύπτουν το εύρος βενζίνης και ντίζελ, αντίστοιχα. Η υδροθεραπεία λιγνίνης συνήθως εφαρμόζεται στην παρουσία διαλύτη, κυρίως για την καταστολή της συμπύκνωσης και τον επαναπολυμερισμό ενδιάμεσων ριζών. Ωστόσο, η ανακύκλωση διαλυτών μπορεί να είναι μάλλον δύσκολη και δαπανηρή, και έτσι οι στρατηγικές χωρίς διαλύτες ευνοούνται.

3.2.6 Τεχνολογίες προεπεξεργασίας λιγνοκυτταρινικής βιομάζας (LCB) για παραγωγή βιοκαυσίμου

Επέκταση της επιφάνειας της βιομάζας, διάλυση της ημικυτταρίνης και / ή λιγνίνης και μείωση των μεγεθών των σωματιδίων της βιομάζας είναι οι πιο σημαντικοί στόχοι της προκατεργασίας. Η περίπλοκη ιεραρχική δομή του LCB, έχει παρουσιάσει την προεπεξεργασία ως το πιο κύριο βήμα κατά τη διάρκεια μετατροπής βιομάζας σε βιοκαύσιμα (Kumar & Sharma, 2017). Έχουν δημοσιευτεί πολλά άρθρα σχετικά με την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων προεπεξεργασίας. Ωστόσο, τα τελευταία τρία χρόνια, έχουν δημοσιευτεί πολλά έγγραφα αναθεώρησης σχετικά με τις μεθόδους προεπεξεργασίας.

3.2.6.1 Χημικές μέθοδοι

Αυτή η μέθοδος βασίζεται στη χρήση χημικών για προεπεξεργασία που χωρίζονται σε τέσσερις κύριες μεθόδους LCBs όπως ακολουθεί:

- Αλκαλική προεπεξεργασία: Λόγω της ισχυρής επίδρασης και της σχετικά απλής διαδικασίας είναι από της πιο αξιόπιστες προκαταρκτικές θεραπείες. Στην μέθοδο αυτή γίνεται επιλεκτική αφαίρεση της λιγνίνης χωρίς απώλεια μείωσης σακχάρου και υδατανθράκων. Η ενζυματική υδρόλυση μπορεί να θεωρηθεί ως το πιο σπουδαίο πλεονέκτημα της αλκαλικής μεθόδου. Όμως, το κύριο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου σε σύγκριση με τις άλλες προκαταρκτικές μεθόδους είναι οι μεγαλύτεροι χρόνοι αντίδρασης (αρκετές ώρες έως μία ημέρα). (Bali, Meng, Deneff, Sun, & Ragauskas, 2015)

- Προκατεργασία οξέος: Είναι μια πολύ γνωστή μέθοδος παραγωγής βιοαιθανόλης από LCBs. Η χρήση οξέος για την προεπεξεργασία του LCB οδηγεί σε αύξηση την υποβάθμιση της ημικυτταρίνης. Φωσφορικό οξύ, οξικό οξύ και θειικό οξύ είναι οι πιο συνηθισμένοι τύποι οξέων. Οι κύριες αποτελεσματικές παράμετροι για την προεπεξεργασία οξέος περιλαμβάνουν στερεά φόρτωση, συγκέντρωση οξέος, θερμοκρασία και χρόνο παραμονής. Εκτός αυτού, το οξύ μπορεί να σπάσει όλους τους δεσμούς πολυσακχαρίτη-λιγνίνης που βοηθούν στην ανάκτηση της πλειονότητας των μονομερών σακχάρων. Κατά τη διάρκεια αυτής της μεθόδου, οι ημικυτταρίνες μετατράπηκαν σε διαλυτές ζάχαρη αλλάζοντας τη δομή του LCB. Αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να βελτιώσει την ταχύτητα μετατροπής των ημικυτταρινών σε αραιό προεπεξεργασίας οξύ.
- Προεπεξεργασία IL (ionic liquids ιοντικών υγρών): Η χρήση ILs για την προκατεργασία του LCB έχει αποκτήσει μεγαλύτερη προσοχή. Λόγω της υψηλής διαλυτότητας της βιομάζας σε ILs είχε ως αποτέλεσμα υψηλή απόδοση σε σάκχαρα και υδατάνθρακες. Η προεπεξεργασία IL αυξάνει την ενζυματική αποφλοιώση διατηρώντας τη δραστηριότητα της κυτταρινάσης και σταθερότητα. Επιπλέον, η θερμοκρασία και η φόρτωση βιομάζας επηρεάζουν το ρυθμό υδρόλυσης κατά την προεπεξεργασία IL. (Elgharbawy, Alam, Moniruzzaman, & Goto, 2016)
- Προεπεξεργασία οργανικού διαλύτη: Η προεπεξεργασία οργανικού διαλύτη έχει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως την ικανότητα κλασματοποίησης LCB σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη με υψηλή καθαρότητα, εύκολη ανάκτηση διαλύτη και επαναχρησιμοποίηση διαλύτη. Πολλές μελέτες διερεύνησαν τη χρήση οργανικών διαλυτών για την προεπεξεργασία LCB με σημαντική βελτίωση στη μετατροπή της βιομάζας σε σάκχαρα. (Shuai & Luterbacher, 2016). Ένα ευρύ φάσμα οργανικών διαλυτών, όπως αλκοόλη, φαινόλη, εστέρες, προπιονικό οξύ, ακετόνη, φορμαλδεΰδηδιοξάνη και αμίνες με και χωρίς καταλύτη, έχουν χρησιμοποιηθεί για την προκατεργασία των LB. Αιθανόλη και μεθανόλη ως αλκοόλες με χαμηλά σημεία βρασμού προτιμώνται λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολής τους ανάκτησης. Το organosolv είναι ένας τύπος οργανικής προεπεξεργασίας που χρησιμοποιεί οργανικό ή υδατικό-οργανικό διαλύτη σε θερμοκρασία από 100 έως 250 C. Τα δύο πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ο διαχωρισμός κυτταρίνης υψηλής καθαρότητας με μόνο δευτερεύουσα αποικοδόμηση και κλασμάτωση ημικυτταρίνης με υψηλή απόδοση.

3.2.6.2 Φυσικές μέθοδοι

Η φυσική / μηχανική προκατεργασία είναι σε θέση να ανοίξει τη δομή των LCBs διαταράσσοντας την επιφανειακή τους δομή και μειώνοντας το μέγεθος έως 10e30 nm χρησιμοποιώντας δυνάμεις διάτμησης ή συμπίεσης.

- Προεπεξεργασία με μικροκύματα: Είναι μια από τις πιο χρησιμοποιούμενες μεθόδους για LCBs και έργα που βασίζονται σε ακτινοβολία. Οι ερευνητές έχουν κερδίσει αξιοσημείωτη απόδοση βιοαιθανόλης με αυτή τη μέθοδο πάνω από 30 χρόνια. Μερικά πλεονεκτήματα όπως η χαμηλότερη αντίδραση ενεργοποίησης και η συντομότερη αντίδραση έκανε τα μικροκύματα ως κατάλληλη μέθοδο προεπεξεργασίας. Χρησιμοποιώντας θέρμανση μικροκυμάτων, η διαταραχή των ανυψωτικών δομών στο LCB σημειώθηκε από διείσδυση της ακτινοβολίας στην άκαμπτη δομή του LCB. Έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες για την προώθηση της χρήσης μικροκυμάτων προεπεξεργασίας όπως ο σχεδιασμός συγκεκριμένων δοχείων μικροκυμάτων για φόρτωση βιομάζας και νέων αντιδραστήρων μικροκυμάτων. (Li, Qu, Yang, Chang, & Xu, 2016)
- Προεπεξεργασία έκρηξης ατμού: Αυτή η μέθοδος είναι μια θερμοφυσική-χημική διαδικασία, η οποία παρέχει μηχανική αποδόμηση των LCBs συνδυάζοντας ατμούς σκασίματα και εκρηκτικά βήματα αποσυμπίεσης. Σε αυτή τη διαδικασία, η βιομάζα υποβάλλεται σε κορεσμένο ατμό υψηλής πίεσης, η οποία μετράται σε λίγα λεπτά. Τότε, η πίεση είναι που ξαφνικά απελευθερώθηκε προκαλώντας διαταραχή στη δομή του κυτταρικού τοιχώματος και διαλυτοποίηση κυρίως των κλασμάτων ημικυτταρίνης και λιγνίνης. Η έκρηξη ατμού είναι μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους με υψηλό δυναμικό στην απομάκρυνση της ημικυτταρίνης και της λιγνίνης από τη δομή της βιομάζας. (Bonfiglio, et al., 2019)
- Υδροθερμική (υγρό ζεστό νερό) προεπεξεργασία: Η μέθοδος υδροθερμικού ή υγρού ζεστού νερού (LHW) λειτουργεί με βάση τη χρήση νερού σε υψηλή θερμοκρασία για προκατεργασία του LCB για παραγωγή βιοαιθανόλης. Σε αυτήν τη μέθοδο, ζεστό νερό εφαρμόζεται σε υψηλή πίεση για να διατηρήσει την υγρή του μορφή για να αυξήσει το λιγνοκύτταρο αποικοδόμηση της μήτρας σε θερμοκρασία μεταξύ 160 °C και 240 °C [74]. Θεωρείται ως φυσικοχημική προκατεργασία και είναι ευρέως αποδεκτή ως πράσινη τεχνολογία που δεν απαιτεί τη χρήση χημικών αντιδραστηρίων. Ο μηχανισμός αυτής της μεθόδου είναι η αφαίρεση της πλειονότητας της ημικυτταρίνης και μέρος της λιγνίνης αποικοδομώντας τα (υποβαθμίζοντάς τα) σε διαλυτά κλάσματα, οδήγησαν σε διάσπαση της ανθεκτικής δομής του κυτταρικού τοιχώματος. Αυτό συμβαίνει με τη μεταφορά των δομικών στοιχείων από την αδιάλυτη στο νερό φάση στη διαλυτή φάση.

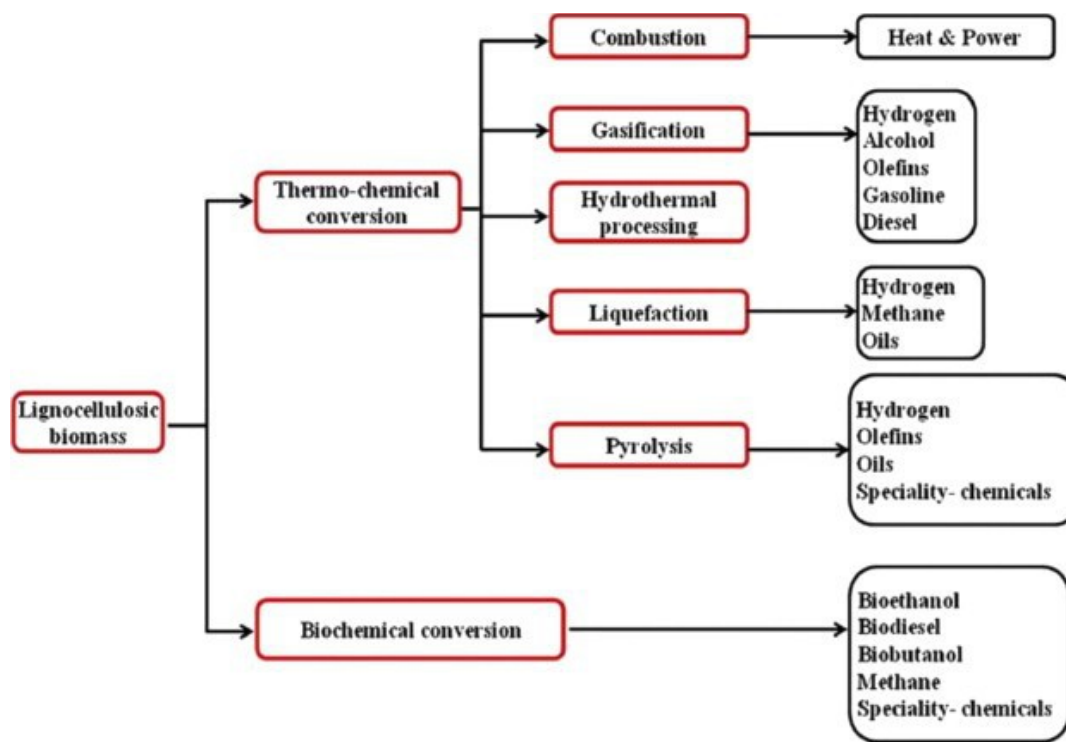
3.2.6.3 Βιολογικές μέθοδοι

Η βιολογική προεπεξεργασία (BP) είναι μία από τις πιο σημαντικές μεθόδους για την επεξεργασία LCB για παραγωγή βιοαιθανόλης. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί κυρίως μυκητιακά και βακτηριακά στελέχη ή ένζυμα. Αυτή η μέθοδος προσελκύει περισσότερη προσοχή λόγω της ικανότητάς της να λειτουργεί στο σχετικά μικρό χρόνο αντίδρασης και χρειάζεται χαμηλή διατροφική απαίτηση για τις ενζυματικές αντιδράσεις. (Saha, Qureshi, Kennedy, & Cotta, 2016)

3.2.6.4 Συνδυασμένες μέθοδοι

Από πολλά χρόνια πριν, πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί με συνδυασμό διαφόρων μεθόδων προεπεξεργασίας. Με βάση τα μειονεκτήματα των μεθόδων απλής προεπεξεργασίας, οι ερευνητές προσπαθούν να συνδυάσουν αυτές τις μεθόδους για να υπενικήσουν τα προβλήματα και αυξήσουν την αποδοτικότητα..

Για παράδειγμα, το κύριο μειονέκτημα της προεπεξεργασίας των μυκήτων είναι ο μεγάλος χρόνος λειτουργίας. Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να ξεπεραστεί αυτό το μειονέκτημα είναι ο συνδυασμός της μυκητιακής προεπεξεργασίας με άλλες φυσικές και χημικές μεθόδους . Για παράδειγμα, η ελιά υποβλήθηκε σε θεραπεία με μυκητιακή και αραιωμένη προεπεξεργασία οξέος και είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση ανάκτησης σακχάρων στο 51% και της ενζυματικής υδρόλυσης απόδοση βελτιωμένη 34% σε σύγκριση με την προκατεργασία οξέος μόνο (Martínez-Patiño, et al., 2018).



Εικόνα 3: Θερμομηχανική και βιοχημική επεξεργασία λιγνοκυτταρίνης βιομάζας σε διάφορα βιοτεχνολογικά προϊόντα προστιθέμενης αξίας. (Menon and Rao, 2012)

3.2.7 Βιοσυνθετικό φυσικό αέριο (Bio- SNG)

Το βιοσυνθετικό φυσικό αέριο, γνωστό επίσης ως Bio SNG, ανανεώσιμο φυσικό αέριο (RNG), βιομεθάνιο ή ανανεώσιμο μεθάνιο, μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό σύστημα. Εάν παράγεται με βιώσιμο τρόπο, αυτός ο φορέας ενέργειας επιτρέπει την υποστήριξη της αποτελεσματικής χρήσης των εγχώριων πόρων βιομάζας και τη συμβολή στην ισορροπημένη παροχή και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Το Bio-SNG μπορεί να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί για κάποιο χρονικό διάστημα στο υπάρχον δίκτυο φυσικού αερίου. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεταγενέστερο στάδιο και μακριά από τον τόπο παραγωγής του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας σε κτίρια ή ως καύσιμο ουδέτερο ως προς το CO₂ για χρήση στον τομέα της κινητικότητας. Η υγρή βιομάζα, όπως τα πράσινα απόβλητα και η λυματολάσπη, μετατρέπεται σε αναερόβιους χωνευτές σε ακατέργαστο βιοαέριο, ένα μείγμα από 50 έως 65% μεθάνιο (CH₄) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και μερικά ίχνη υδροθειούχου, αμμωνίας κ.λπ. Η ακριβής σύνθεσή του εξαρτάται από την πρώτη ύλη (Schildhauer, 2019).

3.2.8 Υδροεπεξεργασμένο φυτικό έλαιο

Το υδροεπεξεργασμένο φυτικό έλαιο ως εναλλακτικό καύσιμο έχει λάβει αξιοσημείωτη προσοχή για εφαρμογές εδάφους, ναυτιλίας και αεροπορίας. Χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο ντίζελ που έχει πολύ δημοφιλείς ιδιότητες καυσίμου, όπως υψηλή περιεκτικότητα σε κετάνιο, μη αρωματικό και δεν περιέχει θείο (Datta et al., 2019).

Είναι γνωστό και ως μη εστερικό καύσιμο και περιλαμβάνει υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο από τα καύσιμα με βάση τους εστέρες, όπως οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (FAMEs) και οι αλκοόλες, εξαιρετική ποιότητα καύσης και ανώτερη θερμική και αποθηκευτική σταθερότητα (No, 2014).

Για να ληφθεί το υδροεπεξεργασμένο φυτικό έλαιο, το τριγλυκερίδιο υδρογονώνεται στο πρώτο στάδιο και διασπάται σε διάφορα ενδιάμεσα, κυρίως μονογλυκερίδια, διγλυκερίδια και καρβοξυλικά οξέα. Αυτά τα ενδιάμεσα στη συνέχεια μετατρέπονται σε αλκάνια με τρεις διαφορετικές οδούς: αποκαρβοξυλίωση, αποκαρβονυλίωση (αμφότερες αφαιρώντας ένα άτομο άνθρακα από το αρχικό ενδιάμεσο) και υδροαποξυγόνωση (χωρίς αφαίρεση άνθρακα), σε θερμοκρασίες πάνω από 300–360 C. Το προπάνιο, το νερό, το μονοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του άνθρακα παράγονται ως παραπροϊόντα (No, 2014).

3.3 Βιοκαύσιμα τρίτης γενιάς

3.3.1 Βιοντίζελ τρίτης γενιάς

Πέρα από τα φυτικά έλαια από ενεργειακές καλλιέργειες που παράγουν το βιοντίζελ της πρώτης γενιάς, ορισμένες άλλες πηγές όπως τα μικροφύκη ή το ιχθυέλαιο αποτελούν πηγή παραγωγής βιοντίζελ τρίτης γενιάς. Το βιοντίζελ μικροφυκών είναι τεχνικά βιώσιμο, έχει εξαιρετική απόδοση καύσης και μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, η παραγωγή του είναι σήμερα πολύ ακριβή. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή στρατηγικών για τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας της βιομάζας και, επομένως, για τη διασφάλιση ότι αυτό το μελλοντικό βιοκαύσιμο είναι οικονομικά εφικτό να κατασκευαστεί σε βιομηχανική κλίμακα αποτελεί πρόκληση (de Almeida Moreira et al., 2021).

3.3.2 Βιοαιθανόλη τρίτης γενιάς

Η παραγωγή βιοαιθανόλης από μακροφύκη είναι πιο ελπιδοφόρα, καθώς τα μακροφύκη δεν απαιτούν γη και γλυκό νερό για καλλιέργεια, έχουν γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης, υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες καθώς και χαμηλά επίπεδα λιγνίνης που θα λύνουν τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι προηγούμενες γενιές βιοκαυσίμων (Chong et al., 2020).

Μετά την εξαγωγή μικροφυκών δημιουργούνται τεράστιες ποσότητες υπολειμμάτων που ονομάζονται κυτταρινικό υπόλειμμα μακροφυκών (Macroalgae Cellulosic Residue - MCR). Τα απόβλητα βιομάζας μπορούν περαιτέρω να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε κυτταρίνη, περίπου $99,8 \pm 0,15$ wt%. Η διαδικασία σακχαροποίησης μετατρέπει την κυτταρίνη σε γλυκόζη και ζυμώνεται περαιτέρω για να παράγει βιοαιθανόλη τρίτης γενιάς. Έτσι, ανοίγει το δρόμο για τη μετατροπή των απορριμμάτων σε βιοκαύσιμα που έχουν υψηλότερη εμπορική αξία (Chong et al., 2020).

3.3.3 Βιο-υδρογόνο

Τα μικροφύκη έχουν αναδειχθεί ως μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για παραγωγή βιοϋδρογόνου. Τα μικροφύκη είναι γνωστό ότι έχουν υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης από τα χερσαία φυτά και μπορούν να αναπτυχθούν σε διάφορα υδάτινα οικοσυστήματα, π.χ. γλυκό και θαλασσινό νερό. Έχουν επίσης την ικανότητα να αφαιρούν θρεπτικά συστατικά από τα λύματα και να δεσμεύουν το CO₂ στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, η βιομάζα μικροφυκών περιέχει μεγάλα κλάσματα υδατανθράκων και πρωτεϊνών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοϋδρογόνου (Salakkam et al., 2021).

Είναι γεγονός ότι παρά την έντονη έρευνα και ανάπτυξη, η χρήση της βιομάζας μικροφυκών εξακολουθεί να είναι φτωχή. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη αποτελεσματικών διαδικασιών καλλιέργειας και συγκομιδής, αναποτελεσματικών μεθόδων προ-επεξεργασίας βιομάζας (τόσο από άποψη κόστους όσο και απόδοσης), χαμηλής βιομετατροπής της βιομάζας σε υδρογόνο και περιορισμένης διαθεσιμότητας πειραματικών και κινητικών δεδομένων για τεχνοοικονομικές αναλύσεις και αναλύσεις κύκλου ζωής της παραγωγικής διαδικασίας. Για να επιτευχθεί λοιπόν μια επιτυχημένη παραγωγή βιοϋδρογόνου από βιομάζα μικροφυκών, πρέπει να αναπτυχθούν οι βασικές γνώσεις για τα μικροφύκη, την απόδοση και τη βελτίωση της διαδικασίας, καθώς και την ανάλυση της μικροβιακής κοινότητας (Salakkam et al., 2021).

3.4 Βιοκαύσιμα τέταρτης γενιάς

Τα βιοκαύσιμα τέταρτης γενιάς θεωρούνται ως βιώσιμα καύσιμα που επιτυγχάνουν υψηλότερη ενεργειακή απόδοση και περιβαλλοντική απόδοση. Αυτή η ομάδα περιλαμβάνει βιοκαύσιμα που μπορούν να παραχθούν με χρήση μη καλλιεργήσιμης γης. Ουσιαστικά δεν χρειάζεται καταστροφή της βιομάζας για να μετατραπούν σε καύσιμα (Aro, 2016).

Τα βιοκαύσιμα τέταρτης γενιάς χρησιμοποιούν πρώτες ύλες που είναι απεριόριστες, φθηνές και διαθέσιμες σε αφθονία. Στην κατηγορία αυτή γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμοί όπως μικροφύκη, ζυμομύκητες, μύκητες και κυανοβακτήρια χρησιμοποιούνται ως πηγές. Τα βιοκαύσιμα αυτής της γενιάς επωφελούνται από τη συνθετική βιολογία των φυκών και των κυανοβακτηριδίων. Είναι ένα νέο αλλά έντονα εξελισσόμενο ερευνητικό πεδίο (Aro, 2016). Ουσιαστικά χρησιμοποιείται η ικανότητα των μικροοργανισμών να μετατρέπουν το CO₂ σε καύσιμο μέσω της φωτοσύνθεσης. Τα πολλαπλά πλεονεκτήματα των μικροφυκών όπως ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξής τους και η περιεκτικότητά τους σε λάδι και η χαμηλή δομική πολυπλοκότητα ενισχύει τις πολυάριθμες εμπορικές εφαρμογές τους. Εκτός από τη γενετική τροποποίηση, ορισμένες τεχνολογίες τέταρτης γενιάς περιλαμβάνουν πυρόλυση (σε εύρος θερμοκρασίας μεταξύ 400 και 600 C) και αεριοποίηση. Ο γενικός σκοπός αυτών των τεχνολογιών είναι να βελτιώσουν την απόδοση του ΗC και να δημιουργήσουν μια τεχνητή δεξαμενή άνθρακα για την εξάλειψη ή την ελαχιστοποίηση της εκπομπής άνθρακα (Mat Aron et al., 2020).

3.4.1 Κυανοβακτήρια

Τα κυανοβακτήρια ή κυανοφύκη έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των βιομηχανιών βιοενέργειας και βιοκαυσίμων. Είναι προκαρυωτικοί οργανισμοί και θεωρούνται οι πρώτοι οργανισμοί στη γη που παρείχαν οξυγόνο με φωτοσύνθεση (Deora et al., 2022).

3.4.2 Ευκαρυωτικά μικροφύκη

Η τεχνολογία που βασίζεται σε ευκαρυωτικά μικροφύκια έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή πρόσφατα λόγω της διαθεσιμότητας ευκαρυωτικών γονιδιωματικών πληροφοριών. Το ενδιαφέρον για αυτή την τεχνολογία ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980. Γενικά, τα ευκαρυωτικά κύτταρα σχηματίζονται με την τυχαία ενσωμάτωση εξωγενών γονιδίων στο πυρηνικό γονιδίωμα. Διάφορα είδη μικροφυκών έχουν δημιουργηθεί με επιτυχία με μετασχηματισμό γονιδίων στον κυτταρικό πυρήνα, τους χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια. Το ευκαρυωτικό μικροφύκι που έχει διερευνηθεί περισσότερο είναι το *Chlamydo monas reinhardtii*. Είναι ένας πολύ κοινός οργανισμός που χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση των βασικών μηχανισμών των βιολογικών διεργασιών, όπως η οξυγονική φωτοσύνθεση, οι κινκάρδιοι ρυθμοί και η βιογένεση των μαστιγίων (Deora et al., 2022)..

Επίσης, η χλωρέλλα, η οποία είναι ένα άλλο είδος μονοκύτταρου οργανισμού πράσινων φυκών έχει προσελκύσει την προσοχή των ερευνητών τον τελευταίο καιρό. Τα τελευταία χρόνια, τα θαλάσσια διάτομα έχουν προσελκύσει μεγάλη προσοχή λόγω της ευρείας επικράτησης, της ικανότητάς τους να προσαρμόζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα και της σημαντικής παραγωγής βιομάζας στο νερό (Deora et al., 2022).

4. Ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι φυτά που καλλιεργούνται κατά κύριο λόγο για την παραγωγή βιοκαυσίμων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην παραγωγή θερμότητας και στις μεταφορές. Έτσι, αντικαθίσταται σημαντικό ποσοστό της παραγωγής ενέργειας από συμβατικά ορυκτά καύσιμα, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Kylili et al., 2016).

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι η κατάλληλη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ λόγω της χαμηλής εκπομπής άνθρακα και αζώτου, αλλά και της δυνατότητας να καλλιεργηθούν σε χαμηλή ποιότητα γη. (Khanna et al., 2017).

Άλλωστε, υπάρχει διεθνής δέσμευση για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Ως εκ τούτου η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τις ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες αποτελούν βασικό παράγοντα για την επίτευξη των στόχων, που αφορούν όχι μόνο το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, αλλά και για ανταγωνιστική και οικονομικά προσιτή ενέργεια, λιγότερες διακυμάνσεις στις τιμές των ορυκτών καυσίμων και οικονομική ανάπτυξη (Kylili et al., 2016). Παρακάτω παρουσιάζονται τα κυριότερα ενεργειακά φυτά που καλλιεργούνται στον κόσμο για την παραγωγή βιοντίζελ.

4.1 Ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

Το βιοντίζελ έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον και της Ευρωπαϊκής επιστημονικής κοινότητας η οποία έχει επικεντρωθεί στις ενεργειακές καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του.

Στην Ευρώπη σχεδόν το 85% του βιοντίζελ παράγεται από ελαιοκράμβη. Η Ε.Ε. αντιπροσωπεύει το 17% στην παραγωγή ελαιοκράμβης. Ακολουθεί το βιοντίζελ από ηλίανθο, καλαμπόκι και δημητριακά. Ο ηλίανθος καλλιεργείται κυρίως ως μαγειρικό συστατικό, αλλά και για παραγωγή βιοντίζελ σε χώρες της Νότιας Ευρώπης (Paschalidou et al., 2019). Σύμφωνα με τους Schills et al., (2018) 4% των δημητριακών (σιτάρι, κριθάρι) χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ.

Το καλαμπόκι παράγεται σε μεγάλες ποσότητες σε χώρες της Ανατολικής και Νότιας Ευρώπης, με χαμηλό ή καθόλου κόστος, καθιστώντας ελκυστική την παραγωγή βιοντίζελ (Vamvuka et al., 2022). Ωστόσο, οι Pereira et al., (2019) σε μελέτη τους σχετικά με την παραγωγή βιοντίζελ από έλαιο καλαμποκιού υποστήριξαν ότι παράγει αρκετό CO₂. Μάλιστα, η έρευνα απέδειξε ότι οι εκπομπές διοξειδίου είναι σχεδόν διπλάσιες από εκείνες της βενζίνης. Αντίθετα υπήρξαν και

έρευνες που έδειξαν ότι το καλαμπόκι προσφέρει πλεονεκτικές μειώσεις στις εκπομπές CO₂, έως και 40% σε σύγκριση με τη βενζίνη (Tsoutsos et al., 2019).

Στην Ελλάδα το βιοντίζελ παράγεται μόνο για την κάλυψη της εγχώριας κατανάλωσης. Γενικά τα βιοκαύσιμα δεν παράγονται σε βιομηχανική κλίμακα, αλλά στο πλαίσιο ερευνητικών προγραμμάτων και σε συνεργασία με την ακαδημαϊκή κοινότητα και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα (Tsita et al., 2020). Η πολιτική για το βιοντίζελ στην Ελλάδα είναι σύμφωνη με αυτή της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το σιτάρι, το κριθάρι, το καλαμπόκι, είναι κάποια από τα ενεργειακά φυτά τα οποία παράγονται αρκετά στην Ελλάδα, κυρίως σε Μακεδονία, Θεσσαλία και Θράκη. Επίσης, στην Ελλάδα καλλιεργείται πολύ ο ηλίανθος και η ελαιοκράμβη (Paschalidou et al., 2019). Το βαμβάκι είναι ένα ακόμη πολύ σημαντικό ενεργειακό φυτό για παραγωγή βιοντίζελ, το οποίο καλλιεργείται πολύ στην Ελλάδα από περισσότερους από 50.000 αγρότες (Basal et al., 2019). Ο πίνακας 1 δείχνει το βιοντίζελ που παράγεται από διαφορετικές ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα, ανά στρέμμα σε σπόρους και λάδι (Paschalidou et al., 2019).

Πρώτη Ύλη	Απόδοση Φυτού (kg/εκτάριο)	Απόδοση βιοντίζελ (kg/εκτάριο)	Απόδοση βιοντίζελ (lt/εκτάριο)
Ηλίανθος	120-300	40-70	43-75
Ελαιοκράμβη	120-300	40-83	43-90
Βαμβάκι	120-160	17-23	18-25
Σόγια	160-240	27-41	29-44

Πίνακας 1: Ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα ανά στρέμμα σε σπόρους και λάδι

Μέχρι το 2018 στην Ελλάδα υπήρχαν 12 εργοστάσια βιοντίζελ που βρίσκονται σε κύριες γεωργικές περιοχές της χώρας, όπου καλλιεργείται κυρίως ηλίανθος και ελαιοκράμβη. Η παραγωγική τους ικανότητα είναι περίπου 130.000 m³ και αντιπροσωπεύει το 93% του βιοντίζελ που παράγεται στην Ελλάδα (Paradouroulou et al., 2018).

Ευτυχώς η Ελλάδα είναι μια χώρα που συνδυάζει εξαιρετικές κλιματολογικές συνθήκες, ηλιοφάνεια και γεωμορφολογία για κάθε είδους φυτική παραγωγή. Παρόλα αυτά σύμφωνα με τους Nikas et al., (2018), η παραγωγή βιοντίζελ από ενεργειακές καλλιέργειες δεν είναι ακόμη καλά προσαρμοσμένη στις ελληνικές συνθήκες και είναι ακόμα ανώριμη.

Περιφέρειες	2015			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	320,340	9,222	0	65
Τρίκαλα	102,941	1,390	63	0
Καρδίτσα	468,057	113	0	0
Μαγνησία	53,204	146	56	318
Σποράδες	0	0	0	0
Δυτική Ελλάδα	1,512,061	928,774	36,917	81,800
Σύνολο	2,456,603	939,645	37,036	82,183

Πίνακας 2: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία - στρέμματα έτος 2015

Περιφέρειες	2016			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	265,487	8,315	6	24
Τρίκαλα	93,557	660	29	10
Καρδίτσα	457,969	209	0	40
Μαγνησία	39,286	5	0	492
Σποράδες	0	0	0	0
Δυτική Ελλάδα	1,364,636	755,000	32,574	76,723
Σύνολο	2,220,935	764,189	32,609	77,289

Πίνακας 3: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία στρέμματα- έτος 2016

Περιφέρειες	2017			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	273,360	7,533	0	748
Τρίκαλα	91,986	349	0	0
Καρδίτσα	434,906	287	0	0
Μαγνησία	41,473	434	0	1,961
Σποράδες	0	0	0	0
Δυτική Ελλάδα	1,462,483	741,461	27,956	100,936
Σύνολο	2,304,208	750,064	27,956	103,645

Πίνακας 4: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία στρέμματα - έτος 2017

Περιφέρειες	2018			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	295,819	7,167	190	6,541
Τρίκαλα	93,271	261	0	0
Καρδίτσα	433,968	277	0	0
Μαγνησία	44,407	1,402	0	8,846
Σποράδες	0	0	0	0
Λοιπή Ελλάδα	1,618,143	711,326	32,596	137,501
Σύνολο	2,485,608	720,433	32,786	152,888

Πίνακας 5: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία στρέμματα - έτος 2018

Περιφέρειες	2019			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	318,137	6,730	0	9,143
Τρίκαλα	98,294	135	0	0
Καρδίτσα	434,929	268	0	267
Μαγνησία	49,880	813	0	11,537
Σποράδες	0	0	0	0
Λοιπή Ελλάδα	1,684,476	798,977	31,650	125,948
Σύνολο	2,585,716	806,923	31,650	146,895

Πίνακας 6: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία στρέμματα - έτος 2019

Περιφέρειες	2015			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	119,354	1,929	0	22
Τρίκαλα	30,593	114	20	0
Καρδίτσα	157,018	9	0	0
Μαγνησία	15,327	39	15	50
Σποράδες	0	0	0	0
Λοιπή Ελλάδα	495,282	197,328	10,870	14,878
Σύνολο	817,574	199,419	10,905	14,950

Πίνακας 7: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία - σε τόνους - έτος 2015

Περιφέρειες	2016			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	102,122	2,372	2	8
Τρίκαλα	23,147	0	7	2
Καρδίτσα	148,031	27	0	8
Μαγνησία	12,480	1	0	114
Σποράδες	0	0	0	0
Λοιπή Ελλάδα	453,341	183,896	9,456	15,378
Σύνολο	739,121	186,296	9,465	15,510

Πίνακας 8: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία - σε τόνους - έτος 2016

Περιφέρειες	2017			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	99,141	2,925	0	157
Τρίκαλα	29,801	32	0	0
Καρδίτσα	143,118	68	0	0
Μαγνησία	10,958	164	0	404
Σποράδες	0	0	0	0
Λοιπή Ελλάδα	525,912	199,709	8,099	18,293
Σύνολο	808,930	202,898	8,099	18,854

Πίνακας 9: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία - σε τόνους - έτος 2017

Περιφέρειες	2018			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	109,659	2,754	2,372	1,340
Τρίκαλα	31,713	35	0	0
Καρδίτσα	151,767	63	0	0
Μαγνησία	14,733	449	0	1,742
Σποράδες	0	0	0	0
Λοιπή Ελλάδα	551,766	187,176	7,251	27,554
Σύνολο	859,638	190,477	9,623	30,636

Πίνακας 10: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία - σε τόνους - έτος 2018

Περιφέρειες	2019			
	Βαμβάκι	Ηλίανθος	Σόγια	Ελαιοκράμβη
Λάρισα	120,798	1,574	0	1,808
Τρίκαλα	37,526	27	0	0
Καρδίτσα	148,322	67	0	45
Μαγνησία	15,331	214	0	2,648
Σποράδες	0	0	0	0
Λοιπή Ελλάδα	578,769	214,252	9,057	25,072
Σύνολο	900,746	216,134	9,057	29,573

Πίνακας 11: Ενεργειακές καλλιέργειες στη Θεσσαλία - σε τόνους - έτος 2019

Καταγράφοντας την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών στην Θεσσαλία από την Ελληνική στατιστική υπηρεσία για τα έτη 2015 έως 2019 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Όσον αφορά το βαμβάκι παρατηρώντας τους πίνακες οι αλλαγές στην καλλιέργεια δεν ήταν ιδιαίτερα μεγάλες. Εξετάζοντας την κάθε περιοχή θα δούμε ότι η εναλλαγή των στρεμμάτων είναι πολύ μικρή και αναμενόμενη. Αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι οι εκτάσεις που επιλέγονται για βαμβακοκαλλιέργειες είναι συγκεκριμένες, γιατί το βαμβάκι είναι ένα φυτό που χρειάζεται πολύ νερό.
2. Ο ηλίανθος στην περιοχή της Λάρισας και των Τρικάλων παρουσιάζει μία πτωτική τάση. Είναι ένα φυτό που συνήθως καλλιεργείται πολύ κοντά σε ποτάμια, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται νερό για να έχουμε καλή απόδοση. Η αύξηση του κόστους κατανάλωσης νερού ήταν ένας σημαντικός παράγοντας για να επιλέξουν οι αγρότες την καλλιέργεια του ηλίανθου. Στην Καρδίτσα και στην Μαγνησία παρατηρούμε μια σχετικά μικρή αύξηση των στρεμμάτων σε σχέση με τις άλλες δύο πόλεις που προαναφέραμε.
3. Η σόγια είναι ένα ενεργειακό φυτό που σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ελλάδα στην Θεσσαλία δεν καλλιεργείται. Αυτό μπορεί να οφείλετε στην προώθηση των γεωπόνων, στην εδαφολογία των εκτάσεων και στην άγνοια των αγροτών.
4. Η ελαιοκράμβη είναι ένα φυτό που παρουσίασε μεγάλη αύξηση παραγωγής στις περιοχές τις Θεσσαλίας. Από τους πίνακες μπορούμε να παρατηρήσουμε την αλματώδη καλλιέργεια αυτού του ενεργειακού φυτού τόσο στην Λάρισα όσο και την Μαγνησία. Αντίθετα όμως η Καρδίτσα και τα Τρίκαλα παραμένουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Είναι ένα φυτό που δεν απαιτεί πολύ νερό και πολλά φυτοφάρμακα για την καλλιέργεια του. Έχει όμως ένα μειονέκτημα που είναι η υποχρεωτική υπογραφή σύμβασης με το εργοστάσιο Βιοντίζελ.

4.2 Καλαμπόκι

Το καλαμπόκι είναι φυτό ύψους έως και 2.5 μέτρα, με κίτρινο ή λευκό κοκκώδη καρπό. Ανήκει στο γένος *Zea* της οικογένειας *Poaceae*. Καλλιεργείται ευρέως σε ολόκληρο τον κόσμο και η παραγωγή του αυξάνεται κάθε χρόνο, περισσότερο από κάθε άλλο προϊόν δημητριακών. Χρησιμοποιείται κυρίως ως ζωτροφή, ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία και σε μικρότερο βαθμό, ως τροφή για τον άνθρωπο (Veljković et al., 2018).



Εικόνα 4: Φυτό καλαμπόκι

Το λιγνοκυτταρικό μέρος του καλαμποκιού χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στην παραγωγή χαρτιού, κόντρα πλακέ, αλλά και βιοαιθανόλης. Το αραβοσιτέλαιο λοιπόν χρησιμοποιείται στην παραγωγή βιοντίζελ, μέσω των αντιδράσεων μετεστερεοποίησης και εστερεοποίησης. Το έλαιο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοντίζελ βρίσκεται στους πυρήνες (σπόρους) ή στο φύτρο. Επίσης, έχει οξύτητα μικρότερη από 0.5%, επιθυμητό χαρακτηριστικό για την παραγωγή βιοντίζελ (Balamurugan et al., 2018).

Στη Σερβία το καλαμπόκι θεωρείται η καταλληλότερη καλλιέργεια για την παραγωγή εναλλακτικών καυσίμων, λόγω της μεγάλης υπερπροσφοράς του (Veljković et al., 2018). Στην Ελλάδα παράγονται ετησίως μεγάλες ποσότητες καλαμποκιού (Vamvuka et al., 2022).

4.3 Ελαιοκράμβη

Είναι χειμερινό ή ανοιξιάτικο φυτό του γένους Brassica. Η ελαιοκράμβη μεγαλώνει από τρία έως πέντε πόδια και έχει κίτρινα άνθη με τέσσερα πέταλα. Είναι μια από τις παλαιότερες καλλιέργειες στη γη. Πρωτοκαλλιεργήθηκε στην Ινδία πριν από περισσότερα από 3.000 χρόνια και στην Κίνα πριν από 5.000 χρόνια (Mazanov et al., 2016).

Η ελαιοκράμβη έχει την ιδιότητα να αποτρέπει τη διάβρωση του εδάφους, παράγει μεγάλες ποσότητες βιομάζας, καταστέλλει τα ζιζάνια και μπορεί να βελτιώσει την κλίση του εδάφους με το ριζικό της σύστημα (Zeng et al., 2017).

Είναι ένα φυτό που καλλιεργείται κυρίως για το λάδι της. Ο σπόρος της περιέχει 40% έλαιο. Αποτελεί την πιο σημαντική πρώτη ύλη για το βιοντίζελ γιατί είναι αρκετά οικονομική. Οι μαύροι πυρήνες, δηλαδή οι σπόροι της ελαιοκράμβης, μόλις συγκομιστούν, αλέθονται σε ένα ελαιουργείο. Αυτή η διαδικασία αποδίδει περίπου έναν τόνο λάδι για δυόμισι τόνους ελαιοκράμβης. Το λάδι στη συνέχεια μεταφέρεται σε εργοστάσιο βιοντίζελ για περαιτέρω επεξεργασία. Οι ακαθαρσίες στο ακατέργαστο κραμβέλαιο πρέπει να αφαιρεθούν για να μπορέσει να υποστεί επεξεργασία. Η πραγματική βιοχημική αντίδραση που μετατρέπει το λάδι σε βιοντίζελ λαμβάνει χώρα αυτόματα στη συνέχεια σε μεγάλες δεξαμενές. (Mazanov et al., 2016).



Εικόνα 5: Ελαιοκράμβη φυτό



Εικόνα 6: Σπόροι και άνθος ελαιοκράμβης

Στην Ελλάδα οι καλλιέργειες ελαιοκράμβης βρίσκονται κυρίως στην Κεντρική Μακεδονία και ακολουθούν η Ανατολική Μακεδονία και η Θράκη, με τη Δυτική Μακεδονία να αποτελεί πιθανή περιοχή προέκτασης. Όμως, οι υψηλές θερμοκρασίες είναι ο κύριος περιοριστικός παράγοντας για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης στη χώρα μας. Θερμοκρασίες 27 °C προκαλούν πτώση ανθέων με αποτέλεσμα τη μείωση απόδοσης, -40 kg ανά στρέμμα για αύξηση θερμοκρασίας από 21 σε 24 °C και περιεκτικότητας σε λάδι, - 1.7% για κάθε άνοδο 1 °C (Paschalidou et al., 2019).

4.4 Ηλίανθος

Ο ηλίανθος (*Helianthus Annuus*) είναι ετήσιο φυτό με μεγάλο άνθος που μοιάζει με τη μαργαρίτα. Η επιστημονική του ονομασία προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις ήλιος και άνθος, δηλαδή λουλούδι. Τα άνθη του έχουν έντονο κίτρινο χρώμα και στη μέση είναι γεμάτα με σπόρους. Τα ηλιοτρόπια στρέφουν τα λουλούδια τους για να ακολουθήσουν την κίνηση του ήλιου, κατά μήκος του ουρανού, από την ανατολή προς τη δύση, και στη συνέχεια επιστρέφουν τη νύχτα, για να κοιτάξουν την ανατολή, έτοιμα ξανά για τον πρωινό ήλιο (Feyzi et al., 2017).

Ο ηλίανθος κερδίζει γρήγορα δημοτικότητα ως καλλιέργεια πρώτης ύλης για βιοντίζελ, επειδή μοιράζεται πολλά θετικά αγρονομικά χαρακτηριστικά με άλλες κοινές ελαιούχες καλλιέργειες, όπως η ελαιοκράμβη και η σόγια. Αποδίδει καλά σε διάφορες συνθήκες και μπορεί να καλλιεργηθεί εύκολα και επικερδώς, τόσο σε μικρές φάρμες, όσο και σε μεγάλες κλίμακες αγροκτήματος. Η υψηλή περιεκτικότητα του ηλιόσπορου σε λάδι, συχνά πάνω από 40%, τον καθιστά εξαιρετική επιλογή για καλλιέργεια βιοκαυσίμων (Dahdah et al., 2019).

Στην Ελλάδα η πλειονότητα των καλλιεργειών ηλίανθου βρίσκονται στον Έβρο, στο βόρειο τμήμα της χώρας (Paschalidou et al., 2019).



Εικόνα 7: Άνθη και σπόροι ηλίανθου

4.5 Σόγια

Η σόγια είναι ένα από τους πιο ευρέως καλλιεργούμενα και χρησιμοποιούμενα ελαιούχα φυτά. Μπορεί να φτάσει πάνω από 2 μέτρα σε ύψος. Τα αυτογονιμοποιούμενα άνθη της είναι λευκά ή σε απόχρωση μωβ. Οι σπόροι μπορεί να είναι κίτρινοι, πράσινοι, καφέ, μαύροι ή δίχρωμοι, αν και οι περισσότερες εμπορικές ποικιλίες έχουν καφέ ή καφέ σπόρους, με έναν έως τέσσερις σπόρους ανά λοβό (Buosi et al., 2016).

Είναι μια από τις πλουσιότερες και φθηνότερες πηγές πρωτεΐνης και αποτελεί βασικό στοιχείο στη διατροφή των ανθρώπων και των ζώων σε πολλά μέρη του κόσμου. Ο σπόρος της περιέχει 17% έλαιο και 50% πρωτεΐνη. Οι χρήσεις της κυμαίνονται από τρόφιμα και ζωοτροφές, βιομηχανικά προϊόντα μέχρι και καύσιμα (Buosi et al., 2016).

Το σογιέλαιο είναι άλλη μία σημαντική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Το βιοντίζελ παράγεται με αντίδραση μετεστερεοποίησης του ελαίου σόγιας με μεθανόλη ή αιθανόλη, παρουσία υδροξειδίου του νατρίου, το οποίο δρα ως καταλύτης (Nasreen et al., 2015).



Εικόνα 8: Σπόροι σόγιας

4.6 Σιτάρι-κριθάρι

Είναι ετήσια φυτά, μονοετή και ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών. Καλλιεργούνται γενικά σε ψυχρά εδάφη και φτάνουν σε ύψος το ένα μέτρο. Πρώτη φορά καλλιεργήθηκαν στη Μέση Ανατολή και έκτοτε αποτελούν κύρια συστατικά της ανθρώπινης και ζωικής διατροφής (Giraldo et al., 2019).

Όπως φαίνεται και στην εικόνα μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, αλλά έχουν διαφορές ως προς τον τρόπο επεξεργασίας και χρήσης. Ο σπόρος τους έχει τρία στρώματα. Το εσωτερικό, που είναι το φύτρο, το ενδοσπέρμιο, που καλύπτει εξωτερικά το φύτρο και το εξωτερικό στρώμα, που ονομάζεται φλοιός (Giraldo et al., 2019).

Αποτελούν δύο από τις μεγαλύτερες καλλιέργειες παγκοσμίως καθώς εκτός από κύρια συστατικά της διατροφής, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αλκοολούχων ποτών, αλλά και βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντίζελ, κλπ) (Giraldo et al., 2019).

Από 1 στρέμμα σιτάρι παράγονται κατά μέσο όρο 240 λίτρα βιοκαυσίμων. Για το λόγο αυτό, συγκεκριμένα στη χώρα μας υπάρχει έντονο ενδιαφέρον σχετικά με την παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το σιτάρι και το κριθάρι.



Εικόνα 9: Κριθάρι και Σιτάρι

4.7 Βαμβάκι

Το βαμβάκι είναι μια από τις πιο σημαντικές πρώτες ύλες παγκοσμίως, διότι καλύπτει πολλές από τις βασικές μας ανάγκες. Το χρησιμοποιούμε παντού, από την ιατρική έως την ένδυση, και έτσι θεωρείται μία από τις πιο δημοφιλείς καλλιέργειες (Sharma et al., 2019).

Το φυτό είναι ποώδες, ετήσιο φυτό, ανήκει στην οικογένεια της μολόχας (Malvaceae) και παράγει την πιο σημαντική ίνα. Περίπου δυο μήνες μετά την εμφύτευσή του το φυτό έχει ύψος περίπου ένα πόδι και άνθη στα οποία υπάρχουν προσκολλημένες χιλιάδες φυσικές, αφράτες, λευκές ίνες βαμβακιού. Η ίνες αυτές είναι ιδανικές για την κατασκευή κλωστών και υφασμάτων, μεταξύ άλλων (Bergmann et al., 2013).

Καλλιεργείται σε κάθε ήπειρο και μάλιστα σε πολλές χώρες είναι μία από τις πρωταρχικές πηγές εισοδήματος. Σύμφωνα με τους Bergmann et al., (2013), θεωρείται από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων στον κόσμο, και το βαμβακέλαιο σήμερα είναι η τρίτη πρώτη ύλη παραγωγής βιοντίζελ στη Βραζιλία. Ωστόσο, ο βαμβακόσπορος έχει περιεκτικότητα σε λάδι της τάξης του 18-20% και οι αποδόσεις λαδιού είναι χαμηλές στα 361 kg/ha περίπου. Έτσι,

απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις για να ληφθεί μικρή ποσότητα λαδιού. Παρόλα αυτά στην Ελλάδα θεωρείται μία από τις πιο παραγωγικές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοντίζελ (Μπάτζος, 2014). Το βαμβάκι υπήρξε το εθνικό μας προϊόν. Αυτή η σημαντική γεωργική καλλιέργεια με μακρά παράδοση αντιπροσωπεύει σχεδόν το 10% της συνολικής γεωργικής γης και το 80% της συνολικής παραγωγής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι κύριες περιοχές παραγωγής βαμβακιού στην Ελλάδα βρίσκονται στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα, και πιο συγκεκριμένα στη Θεσσαλία, την Κεντρική Μακεδονία, τη Θράκη και τη Στερεά Ελλάδα (Basal et al., 2019).



Εικόνα 10: Άνθος Βαμβακιού

4.8 Φοίνικας

Το φοινικέλαιο (*Elaeis guineensis*) είναι το είδος των *Arecaceae* ή της οικογένειας φοινίκων που αναπτύσσεται μέχρι 20 έως 30 μέτρα σε ύψος, εγγενές στη δυτική και νοτιοδυτική Αφρική. Ωστόσο, απαντάται σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Σρι Λάνκα, της Μαδαγασκάρης, της Μαλαισίας, της Ινδονησίας, της Ταϊλάνδης, των Δυτικών Ινδιών, της Κεντρικής Αμερικής και πολλών νησιών στον Ινδικό και στον Ειρηνικό Ωκεανό (Dey et al., 2021).



Εικόνα 11: Δέντρο φοίνικα

Ο φοίνικας είναι τροπικό πολυετές φυτό και αναπτύσσεται εύκολα σε υγρή ατμόσφαιρα. το φοινικέλαιο είναι μια από τις πιο κοινές πρώτες ύλες για την παραγωγή βρώσιμων ελαίων και βιοντίζελ στον κόσμο. Οι φοίνικες απαιτούν λιγότερα λιπάσματα, νερό και φυτοφάρμακα για τη φυτεία. Το φοινικέλαιο απαιτεί λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία για να παράγει μία μονάδα λαδιού ανά εκτάριο. Ο καλλιεργούμενος φοίνικας μπορεί να καρποφορήσει από το 4ο έτος και μετά και μπορεί να συγκομιστεί για 40-50 χρόνια. Είναι μια από τις καλλιέργειες με την υψηλότερη απόδοση παραγωγής που παράγει τέσσερις έως πέντε τόνους λαδιού ανά εκτάριο ετησίως. Το εσωτερικό τοίχωμα των καρπών του φοίνικα έχει σαρκώδες πορτοκαλί χρώμα και ονομάζεται «μεσόκαρπος». Μεγαλώνει σε μεγάλα και σφιχτά τσαμπιά, τα οποία στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία, για να ληφθεί ακατέργαστο φοινικέλαιο. Το μέσο βάρος ενός τσαμπιού φρούτων είναι περίπου 10-20 κιλά που περιέχει έως και 2000 καρπούς φοίνικα. Ο καρπός έχει μονό σπόρο (πυρήνα) και το σαρκώδες εξωτερικό στρώμα περιέχει λάδι. Τα φρούτα του φοίνικα είναι κυρίως βρώσιμα και καταναλώνονται ως τρόφιμα, καλλυντικά και παραγωγή βιοντίζελ (Dey et al., 2021).

4.9 Jatropha

Το *Jatropha curcas* L. είναι μια αυτοφυής καλλιέργεια στη Βόρεια και Κεντρική Αμερική και είναι πλέον ευρέως διαδεδομένο σε όλο τον τροπικό και υποτροπικό κόσμο, όπως την Αφρική, την Ινδία, τη Νοτιοανατολική Ασία και την Κίνα. Είναι ανθεκτικό στην ξηρασία, πολυετές και μπορεί

να αναπτυχθεί σε βραχώδεις εκτάσεις, ερήμους και ακόμη και σε αλατούχα εδάφη (Kamel et al., 2018). Το ύψος του μπορεί να φτάσει και τα 5 μέτρα. Το δέντρο *Jatropha* αρχίζει να παράγει καρπούς μετά από έξι μήνες και η απόδοσή του γίνεται σταθερή όταν το φυτό είναι 1–3 ετών. Η διάρκεια ζωής όσον αφορά την παραγωγικότητα των σπόρων είναι στο εύρος 50 ετών (Yuan Lim et al., 2015).



Εικόνα 12: Φυτό, σπόροι και φρούτα *Jatropha*

Περίπου το 30-55% του ελαίου της *jatropha* αποθηκεύεται στον πυρήνα των σπόρων. Η περιεκτικότητα σε έλαιο είναι περίπου 300–400 g/kg. Ωστόσο, υπάρχει παρουσία ορισμένων τοξικών συστατικών, όπως οι εστέρες φορβόλης, η υψηλή περιεκτικότητα σε στεατικό οξύ και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFAs). Τα συστατικά αυτά εμποδίζουν τη χρήση του *jatropha* για βρώσιμους σκοπούς. Το έλαιο *Jatropha* περιέχει κυρίως λινολεϊκό, στεατικό, ελαϊκό, παλμιτικό και αραχιδικό οξύ, που μπορούν να μετατραπούν στους μεθυλεστέρες τους κατά την αντίδραση μετεστεροποίησης, και να παράξουν βιοντίζελ. Είναι αναμφίβολα μια από τις πιο κατάλληλες βιώσιμες εναλλακτικές πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ από άποψη διαθεσιμότητας και κόστους (Kamel et al., 2018).

5. Μεθοδολογία Έρευνας

5.1 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση των γνώσεων και των απόψεων των πολιτών και συγκεκριμένα των γεωργών της Θεσσαλίας αναφορικά με την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών που σχετίζονται με τη χρήση των βιοκαυσίμων. Τα ερευνητικά ερωτήματα (ΕΕ) που μελετήθηκαν είναι τα εξής:

ΕΕ1: Το ποσοστό χρήσης των ενεργειακών φυτών από τους αγρότες της Θεσσαλίας?

ΕΕ2: Οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούν τα ενεργειακά φυτά?

ΕΕ3: Μπορεί στην Θεσσαλία να αναπτυχθεί η καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών? Ποιά τα εμπόδια?

5.2 Περιγραφή και ανάλυση του δείγματος

Το δείγμα της μελέτης αποτελούνταν από 102 συμμετέχοντες, αγρότες της περιφέρειας Θεσσαλίας. Οι πιθανοί συμμετέχοντες εντοπίστηκαν μέσα από τη χρήση μίας δειγματοληψίας, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμένους χρονικούς και οικονομικούς πόρους για τη διεξαγωγή της μελέτης. Για να λάβουν μέρος στη μελέτη, τα μέλη του δείγματος έπρεπε να είναι ενήλικες αγρότες όπου οι εκτάσεις που εκμεταλλεύονται βρίσκονται στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και συμφωνούν να λάβουν μέρος στην έρευνα.

Το δείγμα αποτελούνταν κυρίως από άνδρες σε ποσοστό 85,3% και είχε ικανοποιητική εκπροσώπηση σε όλες τις ηλικιακές ομάδες με ένα ποσοστό 50% να είναι μέχρι την ηλικία των 50 ετών. Επομένως θα μπορούσαμε να σχολιάσουμε ότι η έρευνα έχει μια bias προς τους μεγαλύτερους ηλικιακά αγρότες. Το πολύ χαμηλό ποσοστό 2,9% της ηλικίας 18-30 ίσως να πρέπει να προβληματίσει βιβλιογραφικά(δεν υπάρχουν νέοι αγρότες λόγοι κλπ).

Η συντριπτική πλειοψηφία των αγροτών έχει ολοκληρώσει μόνο την Δευτεροβάθμια εκπαίδευση κάτι αναμενόμενο το οποίο επιβεβαιώνεται εμπειρικά και στατιστικά εξαιτίας του ποσοστού των γερασμένων αγροτών 50+

Τα σεμινάρια φαίνονται δημοφιλέστερα στις τάξεις των νεότερων παρά στους μεγαλύτερους – bonus – μόνο το 22,5% των “ανεκπαίδευτων” παρακολούθησε σεμινάριο.

Όσον αφορά το είδος της απασχόλησης (κύρια/δευτερεύουσα) τα αποτελέσματα είναι οξύμωρα & επιδέχονται βιβλιογραφικής εξήγησης. Αν και ίσως περιμένουμε οι ανεκπαίδευτοι αγρότες να έχουν επί των πλίστον κύρια απασχόληση, εντούτοις αυτό συμβαίνει μόνο στο 63,3% της βασικής και δευτεροβάθμιας βαθμίδας.

Σπουδαγμένοι αγρότες – ίσως πιο συνειδητά - σε συντριπτικό ποσοστό 93,5% απασχολούνται κυρίως ως αγρότες.

Ηλικιακά ίσως ή ίδια λογική... Νεότεροι άρα και σπουδαγμένοι ασχολούνται κυρίως ως αγρότες. Στις μεγαλύτερες ηλικίες η λογική είναι ίδια εκτός της κατηγορίας 66+ που σε ποσοστό 93,7% ασχολούνται ως 2η απασχόληση στην γεωργία

Σε ό,τι αφορά στη γεωγραφική εκπροσώπηση στην έρευνα δεν είναι ισόποση. Μερίδα του λέοντος κατέχει η Λάρισα σε ποσοστό 57,8% και ο Βόλος 31,4% , αυτό φυσικά διαπιστώνεται και από τους πίνακες τις Στατιστικής Υπηρεσίας που παρατίθενται παραπάνω. Επομένως και εδώ έχουμε Bias και δεν θα κάνουμε συγκρίσεις.

5.3 Εργαλείο Μέτρησης

Το εργαλείο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε σχεδιάστηκε από τον ερευνητή με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε σε συνδυασμό με τον σκοπό της μελέτης και τα ειδικά ερευνητικά του ενδιαφέροντα. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από δυο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από 3 ερωτήματα και συλλέγει πληροφορίες για τα δημογραφικά στοιχεία του φύλλου, της ηλικιακής ομάδας και του επιπέδου εκπαίδευσης των συμμετεχόντων αγροτών. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από 17 ερωτήματα τα οποία αφορούν τις γνώσεις και τις απόψεις των συμμετεχόντων για τα ενεργειακά φυτά και την χρήση τους . Επτά από τα 17 ερωτήματα αυτά απαντώνται με την μέθοδο πολλαπλής επιλογής, δύο ερωτήματα είναι ανοικτού τύπου, όπου ο εκάστοτε συμμετέχων γράφει μία σύντομη απάντηση, έξι ερωτήματα με την κλίμακα Likert και τέλος δυο ερωτήματα απαντώνται σε διχοτομική κλίμακα («ναι»/«όχι»). (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι)

5.4 Διαδικασία

Ο ερευνητής, μέσα από τις επαγγελματικές, προσωπικές και ακαδημαϊκές του επαφές, ήρθε σε επαφή με γεωργούς, ενήλικες κατοίκους της περιφέρειας Θεσσαλίας, με άμεση επαφή και μέσω τηλεφώνου. Οι πιθανοί συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τον σκοπό της μελέτης και τους γνωστοποιήθηκε ότι εάν αποφασίσουν να λάβουν μέρος στη μελέτη, η συμμετοχή τους θα είναι απολύτως εθελοντική και οι απαντήσεις τους θα διατηρηθούν ανώνυμες. Στόχος ήταν να ληφθούν απαντήσεις από 90 έως 110 περίπου συμμετέχοντες. Το τελικό έγκυρο δείγμα αποτελούταν από 102 γεωργούς, οι οποίοι συμφώνησαν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από τη χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Google Forms. Μετά από τη συμπλήρωσή του, οι συμμετέχοντες επέστρεφαν το ερωτηματολόγιο στον ερευνητή ηλεκτρονικά.

5.5 Ανάλυση Δεδομένων

Τα δεδομένα καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα SPSS έκδοση 25 και οι μεταβλητές κωδικοποιήθηκαν καταλλήλως ως προετοιμασία για τη στατιστική ανάλυση. Η τελική ανάλυση περιλαμβάνει κατηγορικές μεταβλητές (ονομαστικές & διάταξης) και μόλις δυο συνεχείς. Υπολογίστηκαν περιγραφικοί δείκτες για όλα τα ερωτήματα, μέσω πινάκων συχνοτήτων, διαγραμμάτων πίτας & ράβδων. Κατόπιν πραγματοποιήθηκε επαγωγική ανάλυση, με σκοπό την ανίχνευση πιθανών διαφοροποιήσεων των υπο εξέταση μεταβλητών σε διάφορα επίπεδα των δημογραφικών κατηγοριών. Τα στατιστικά τεστ που εφαρμόστηκαν ήταν για τις μεν κατηγορικές ο chi-square (χ^2) έλεγχος ανεξαρτησίας, για τις δε συνεχείς, λόγω μη κανονικότητας τους εφαρμόστηκαν μη παραμετρικά ανάλογα τεστ (Kruskal-Wallis & Mahn-Whitney) αντί του ελέγχου μέσης τιμής & ANOVA. **Όλοι οι στατιστικοί έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.** Το ακόλουθο κεφάλαιο παρουσιάζει τα αποτελέσματα της έρευνας.

6. Αποτελέσματα Έρευνας

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης σχετικά με την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών από τους αγρότες της Θεσσαλίας. Το δείγμα αποτελούταν από 102 συμμετέχοντες.

6.1 Κατηγορικές μεταβλητές

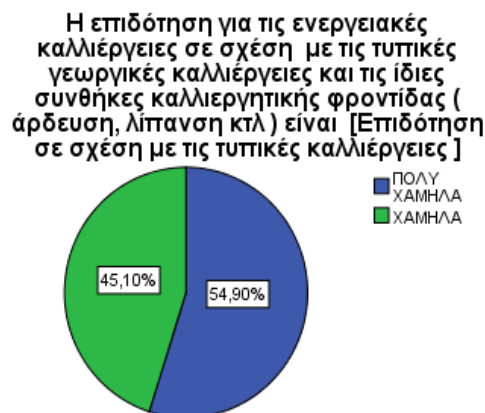
Αναλύοντας τις κατηγορικές μεταβλητές διάταξης παρατηρούνται τα εξής:

- Οι αγρότες της Περιφέρειας Θεσσαλίας κατατάσσουν πολύ χαμηλές τις επιδοτήσεις των ενεργειακών καλλιεργειών. Στο διάγραμμα 1 φαίνεται ότι το 86,27 % των αγροτών που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο πιστεύει ότι η επιδότηση οικονομικά είναι πολύ χαμηλή και το 12,7% ότι η επιδότηση είναι χαμηλή.



Διάγραμμα 1 : Επιδότηση οικονομικά

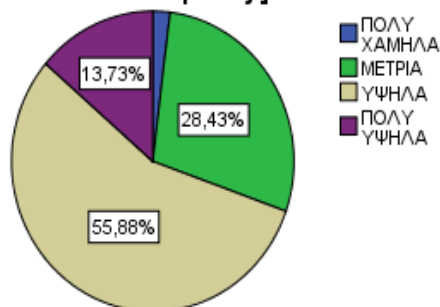
- Η σύγκριση με τις επιδοτήσεις των τυπικών καλλιεργειών είναι χαμηλά -πολύ χαμηλά σε ποσοστό 45,10% και 54,90% αντίστοιχα. Υπάρχουν καλλιέργειες στις οποίες ο αγρότης λαμβάνει μεγάλη επιδότηση π.χ το βαμβάκι, άρα είναι λογικό να την τοποθετεί σε αυτά τα επίπεδα.



Διάγραμμα 2: Επιδότηση σε σχέση με τις τυπικές καλλιέργειες

- Οι αγρότες της Περιφέρειας Θεσσαλίας θεωρούν το όφελος από την πώληση της ενεργειακής καλλιέργειας υψηλό σε ποσοστό 55,88%, μέτριο 28,43% και 13,73% πολύ υψηλό(Διάγραμμα 3). Είναι χαρακτηριστικό ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες σε σχέση τις υπόλοιπες τυπικές καλλιέργειες έχουν το πλεονέκτημα ότι η τιμή πώλησης του προϊόντος είναι γνωστή πριν την σπορά, ενώ αντίθετα στις τυπικές καλλιέργειες η τιμή πώλησης γίνεται γνωστή όταν αρχίζει η συγκομιδή. Άρα είναι φυσικό να θεωρούν το όφελος υψηλό, γιατί τους δίνει την δυνατότητα να κάνουν ένα ισοζύγιο εσόδων -εξόδων.

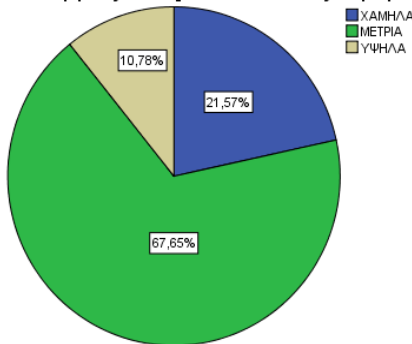
Το οικονομικό όφελος από την πώληση της ενεργειακής καλλιέργειας που επιλέξατε (χωρίς την επιδότηση) είναι [Οικονομικό όφελος]



Διάγραμμα 3: Οικονομικό όφελος

- Το κόστος παραγωγής των ενεργειακών φυτών είναι μέτριο με ποσοστό 67,65% , ενώ ένα 21,57% απάντησε χαμηλό (Διάγραμμα 4). Τα ποσοστά αυτά θεωρούνται αναμενόμενα, διότι ένα από τα πλεονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι η μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων, καθώς παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη και έχουν την ιδιότητα περιορίζουν τα ζιζάνια.

Το συνολικό κόστος παραγωγής της ενεργειακής καλλιέργειας είναι [Συνολικό κόστος παραγωγής]



Διάγραμμα 4: Συνολικό κόστος παραγωγής

- Αναγνωρίζουν σε συντριπτικό ποσοστό της τάξης του 98,04% ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αυξάνουν την απόδοση της παραγωγής της επόμενης χρονιάς. (Διάγραμμα 5)



Διάγραμμα 5: Απόδοση παραγωγής σε άλλο είδος καλλιέργειας

- Το 95,1% καταμαρτυρά ότι η υπογραφή σύμβασης τους εξασφαλίζει. Δηλαδή κάθε καλλιεργητική περίοδο οι αγρότες υπογράφουν σύμβαση με το εργοστάσιο που θα παραδώσουν το προϊόν, πράγμα που δεν συμβαίνει στις άλλες τυπικές καλλιέργειες. Άρα εξασφαλίζουν έτσι την σίγουρη εναπόθεση του προϊόντος μετά την συγκομιδή (Διάγραμμα 6).



Διάγραμμα 6: Υπογραφή σύμβασης

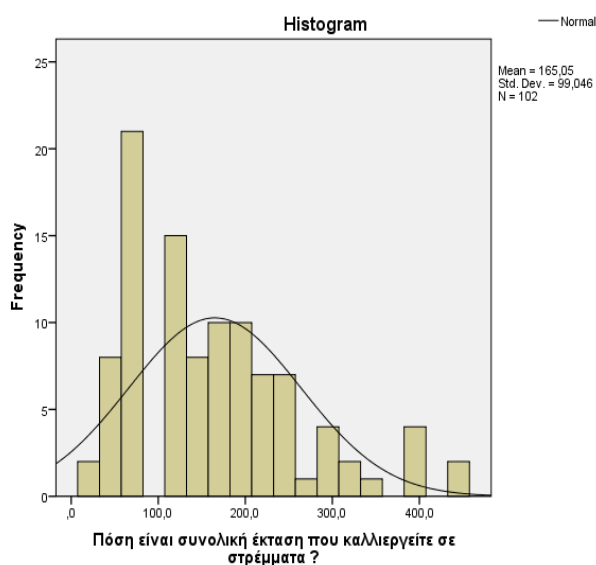
Εν συνεχεία αναλύοντας περιγραφικά τις δυο **μοναδικές συνεχείς μεταβλητές** που αφορούν την έκταση των συνολικών καλλιεργειών που καλλιεργεί ένας γεωργός όπως και την έκταση των ενεργειακών φυτών, προκύπτει αρχικά η μη κανονική κατανομή των απαντήσεων (Διάγραμμα 7 & 8) και η μεγάλη τυπική απόκλιση (Std.Dev= 99,046) στα συνολικά στρέμματα. Το αποτέλεσμα του ελέγχου απορρίπτει την υπόθεση της κανονικότητας σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5%. Επομένως στην συνέχεια όταν αναλυθούν περαιτέρω οι μεταβλητές θα εφαρμόσουμε μη παραμετρικά τεστ. Αυτό φαίνεται και στα Διαγράμματα 7 & 8 τα οποία επιβεβαιώνουν και οπτικά τα τεστ κανονικότητας (Πίνακας 12).

Tests of Normality

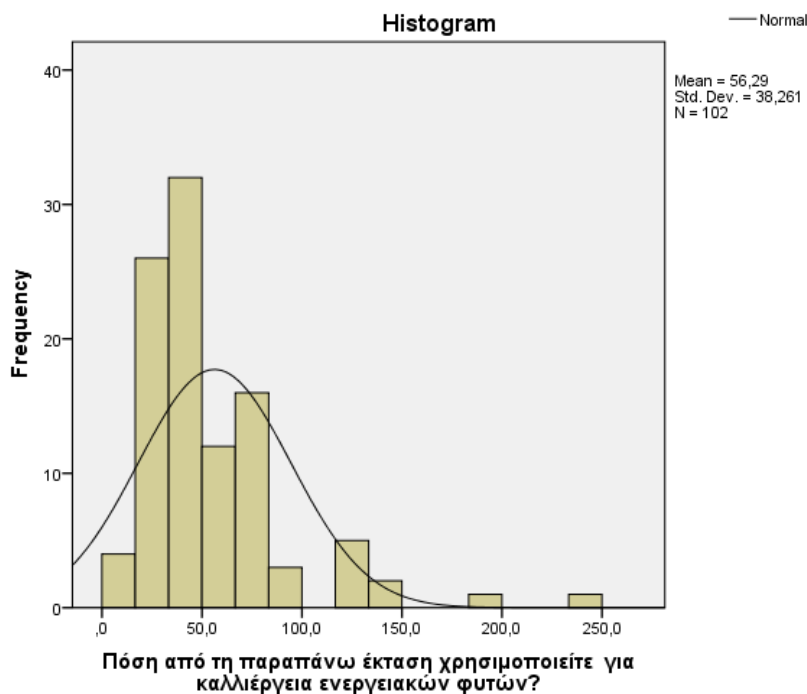
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Πόση είναι συνολική έκταση που καλλιεργείτε σε στρέμματα ?	,117	102	,002	,923	102	,000
Πόση από τη παραπάνω έκταση χρησιμοποιείτε για καλλιέργεια ενεργειακών φυτών?	,177	102	,000	,805	102	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 12: Τέστ κανονικότητας



Διάγραμμα 7: Η συνολική έκταση που καλλιεργείται σε στρέμματα



Διάγραμμα 8: Πόση απο την συνολική έκταση χρησιμοποιείται για ενεργειακά φυτα

Descriptive Statistics

	Πόση είναι συνολική έκταση που καλλιεργείτε σε στρέμματα ?	Πόση από τη παραπάνω έκταση χρησιμοποιείτε για καλλιέργεια ενεργειακών φυτών?	Valid N (listwise)
N	102	102	102
Minimum	20,0	12,0	
Maximum	450,0	250,0	
Sum	16835,0	5742,0	
Mean	165,049	56,294	
Std. Deviation	99,0462	38,2609	
Variance	9810,146	1463,893	

Πίνακας 13: Περιγραφική στατιστική

Σημαντικό κρίνεται και το ότι το 34% των συνολικών καλλιεργειών είναι σε ενεργειακά φυτά. Αυτό το αποτέλεσμα ενισχύει τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τους πίνακες της στατιστικής υπηρεσίας, ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία αύξηση των ενεργειακών φυτών.

Το στατιστικό τεστ δείχνει ότι αν και στην συνολική έκταση υπάρχει διαφοροποίηση ανα τυπο εκπαίδευσης (μεγαλύτερο επίπεδο σπουδών = περισσότερη έκταση) (Πίνακας 14), στα ενεργειακά φυτά δεν υπάρχει κάποια διαφοροποίηση στους περισσότερους εκπαιδευμένους. Το στατιστικό τεστ βρίσκει τις εκτάσεις ενεργειακών στα ίδια επίπεδα.

Test Statistics^{a,b}

	Πόση είναι συνολική έκταση που καλλιεργείτε σε στρέμματα ?	Πόση από τη παραπάνω έκταση χρησιμοποιείτε για καλλιέργεια ενεργειακών φυτών?
Chi-Square	32,188	9,326
df	4	4
Asymp. Sig.	,000	,053

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Τίτλοι σπουδών

Πίνακας 14: Στατιστικό Τεστ ως προς το τίτλο σπουδών

Το στατιστικό τεστ δείχνει ότι στην συνολική έκταση υπάρχει διαφοροποίηση (μεγαλύτερες ηλικίες έχουν μικρότερες εκτάσεις) ανα ηλικία, ενώ στα ενεργειακά φυτά δεν υπάρχει κάποια διαφοροποίηση. Δηλαδή το στατιστικό τεστ δέχεται ότι οι συνολικές εκτάσεις ενεργειακών είναι στα ίδια επίπεδα ως προς την ηλικία.

Test Statistics^{a,b}

	Πόση είναι συνολική έκταση που καλλιεργείτε σε στρέμματα ?	Πόση από τη παραπάνω έκταση χρησιμοποιείτε για καλλιέργεια ενεργειακών φυτών?
Chi-Square	28,078	6,639
df	4	4
Asymp. Sig.	,000	,156

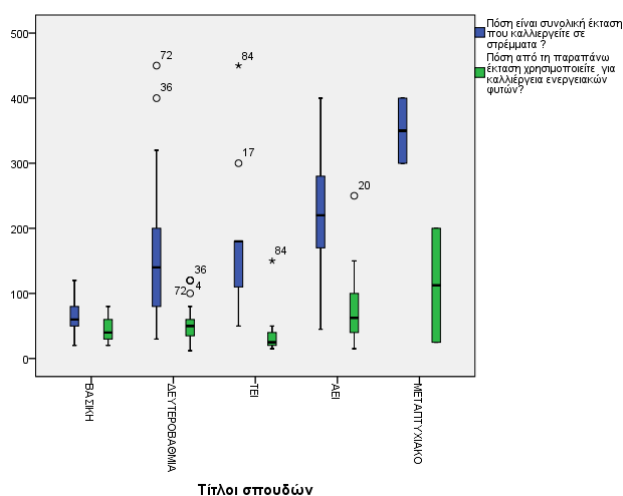
a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Ηλικιακή ομάδα

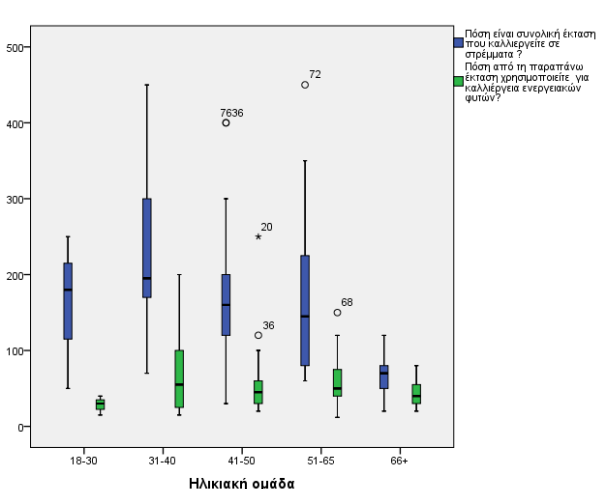
Πίνακας 15: Στατιστικό Τεστ ως προς την ηλικιακή ομάδα

Στους πίνακες 14 & 15 φαίνονται τα μη παραμετρικά τεστ (λόγω μη κανονικότητας) για τον έλεγχο ύπαρξης διαφορών στα στρέμματα ως προς τις μεταβλητές ελέγχου που επιθυμούμε.

Προκύπτει ότι στα συνολικά στρέμματα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση σε κάποιο από τα επίπεδα. Αυτό όμως εξαλείφεται στα στρέμματα των ενεργειακών καλλιεργειών.



Διάγραμμα 9: τίτλοι σπουδών (boxplots)



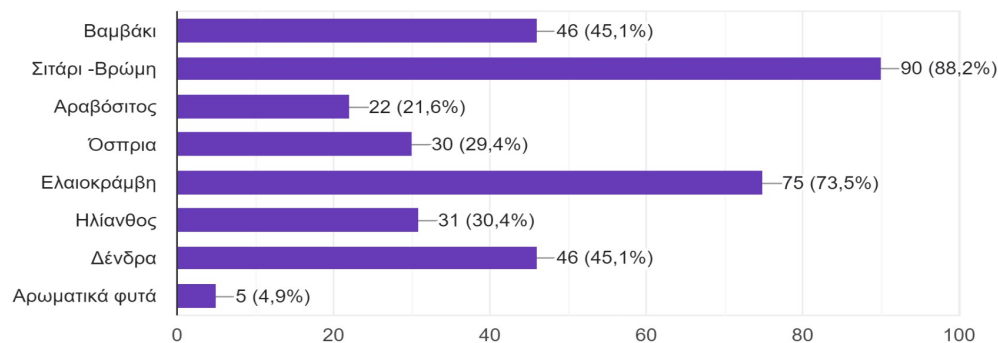
Διάγραμμα 10: Ηλικιακή ομάδα (boxplots)

6.2 Ποσοστό χρήσης ενεργειακών φυτών

Σε πρώτη ανάγνωση πρωταθλητής αναδεικνύονται το σιτάρι-βρώμη σε ποσοστό 88,2%, στην δεύτερη η ελαιοκράμβη 73,5%, τρίτη προτίμηση το βαμβάκι με τα δένδρα σε ποσοστό 45,1 % , τέταρτη ο ηλίανθος με ποσοστό 30,4 % και ακολουθούν όσπρια 29,4%, αραβόσιτος 21,6%, αρωματικά φυτά 4,9%. Να επισημάνουμε ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες που καλλιεργούνται στην Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι ο ηλίανθος και η ελαιοκράμβη. (Διάγραμμα 11)

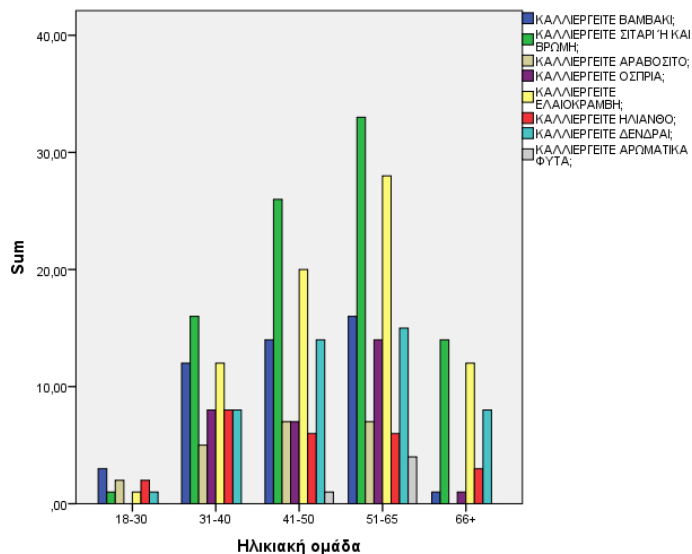
Επιλέξτε τα είδη των γεωργικών φυτών που καλλιεργείτε.

102 απαντήσεις

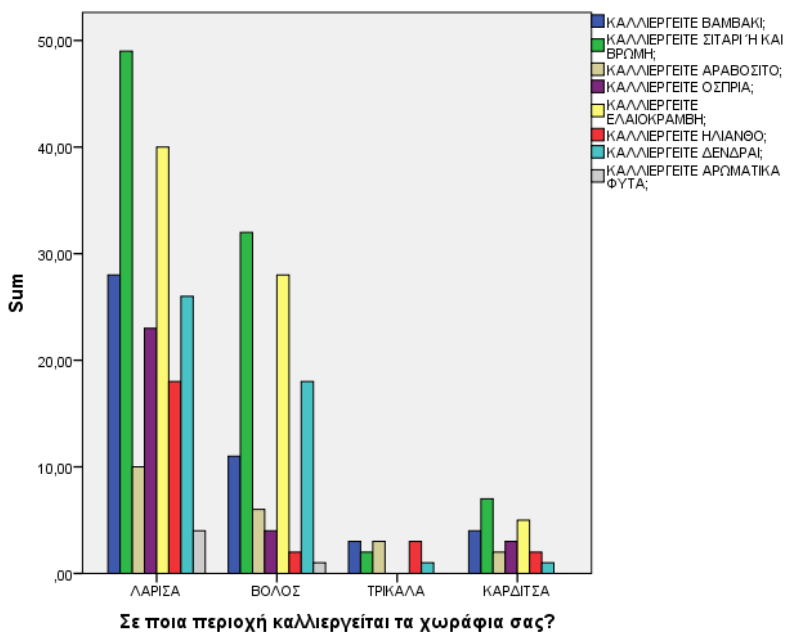


Διάγραμμα 11: Είδη καλλιεργούμενων φυτών

Στη συνέχεια ακολουθούν τα είδη εκτάσεων ανα επίπεδο δημογραφικής ερώτησης (Διάγραμμα 12 & 13). Αξίζει να αναφερθεί ότι το ίδιο συμπέρασμα για το σιτάρι και την ελαιοκράμβη προκύπτει και σ'αυτα τα διαγράμματα. Δηλαδή το σιτάρι και η ελαιοκράμβη παρατηρούμε στο διάγραμμα 12 να πρωτοπορεί σε κάθε ηλικιακή κατηγορία και μετά συνεχίζουν βαμβάκι, ηλίανθος, δένδρα και όσπρια. Όμοιομορφία στην κατανομή τους βλέπουμε και στο διάγραμμα 13 που καταγράφονται τα είδη των εκτάσεων σε σχέση με την περιοχή καλλιέργειας καθώς και στα υπόλοιπα τα οποία παρατίθενται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.



Διάγραμμα 12: Καλλιέργεια φυτών σε συνάρτηση με την Ηλικιακή ομάδα

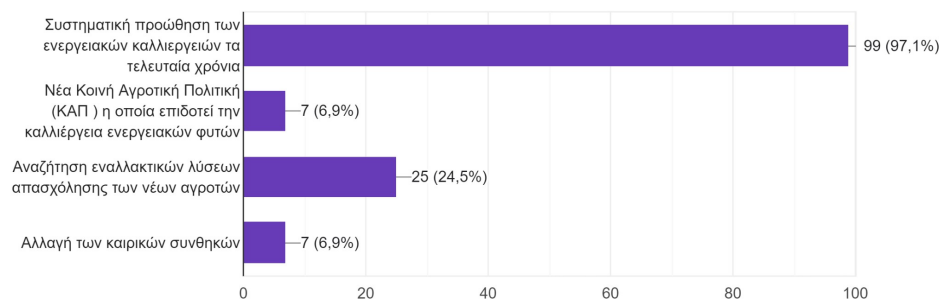


Διάγραμμα 13: Καλλιέργεια φυτών σε συνάρτηση με την περιοχή

6.3 Λόγοι χρήσης ενεργειακών φυτών

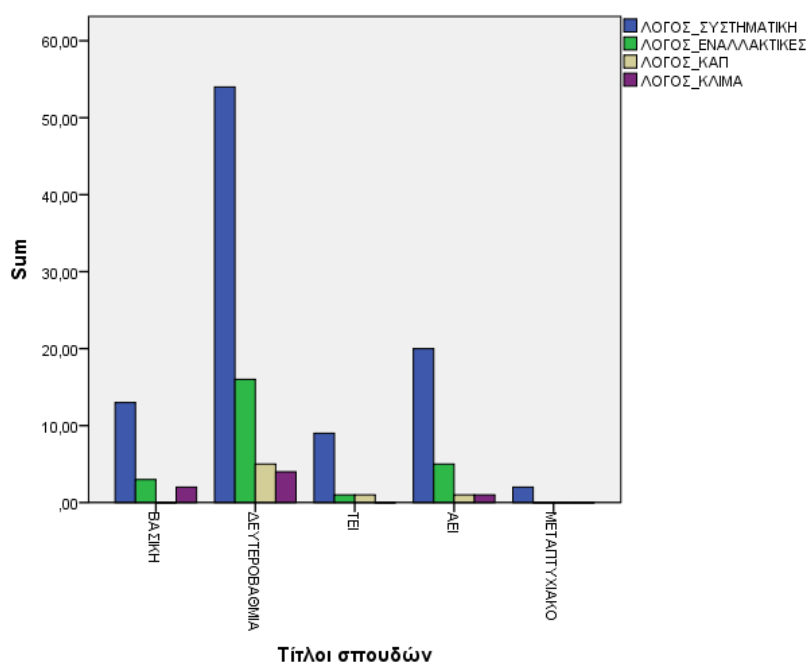
Είναι αναντίρρητο το συμπέρασμα ότι σχεδόν όλοι οι αγρότες 97,1 % επηρεάστηκαν από την συστηματική προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών τα τελευταία χρόνια. Η ενεργειακή κρίση και οι εναλλακτικοί τρόποι παραγωγής ενέργειας επηρέασαν δικαίως και τον τομέα της γεωργίας. Το ποσοστό 24,5 % που αφορά την αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων απασχόλησης των νέων αγροτών είναι χαμηλό, γιατί στα νέα προγράμματα μπορούν να συμμετέχουν αγρότες μέχρι την ηλικία των 40 ετών. Αρά η επιλογή αυτή είχε περιορισμό την ηλικία σε αντίθεση με την πρώτη επιλογή. Οι υπόλοιποι λόγοι καταλαμβάνουν μικρά ποσοστά.

Ο λόγος που στραφήκατε στην καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών οφείλονταν στην 102 απαντήσεις

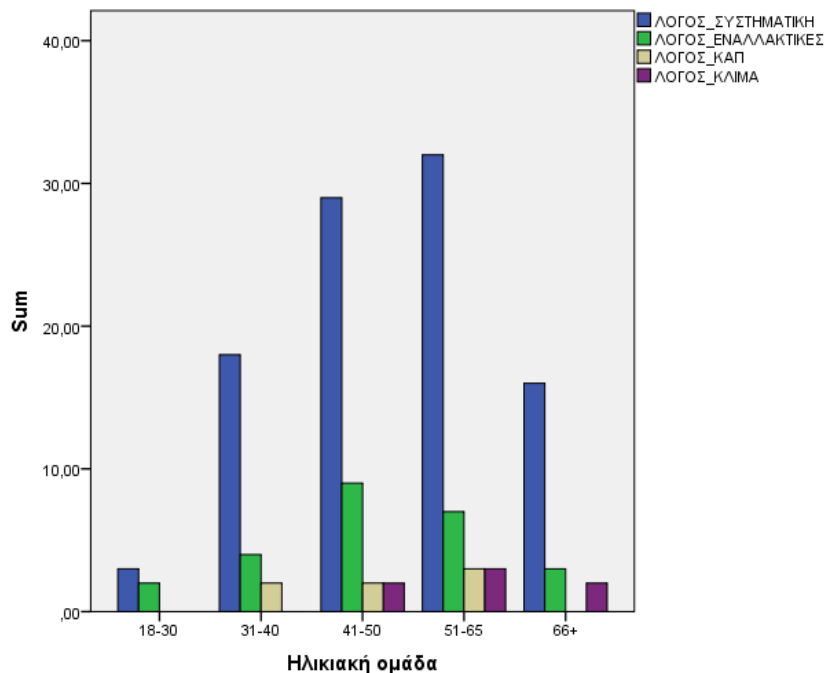


Διάγραμμα 14 : Λόγοι επιλογής καλλιέργειας των ενεργειακών φυτών.

Επίσης το ίδιο μοτίβο των απαντήσεων παρατηρείται και στα επίπεδα της μόρφωσης και της ηλικίας. Πιο αναλυτικά σε κάθε μορφωτικό επίπεδο των αγροτών η πρώτη επιλογή τους ήταν η συστηματική προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών τα τελευταία χρόνια. Επιπρόσθετα και σε κάθε ηλικιακή ομάδα ήταν ο κύριος λόγος που επέλεξαν οι αγρότες τα ενεργειακά φυτά. Τα παρακάτω διαγράμματα (15 & 16) απεικονίζουν τα συμπεράσματα που προαναφέρθηκαν.



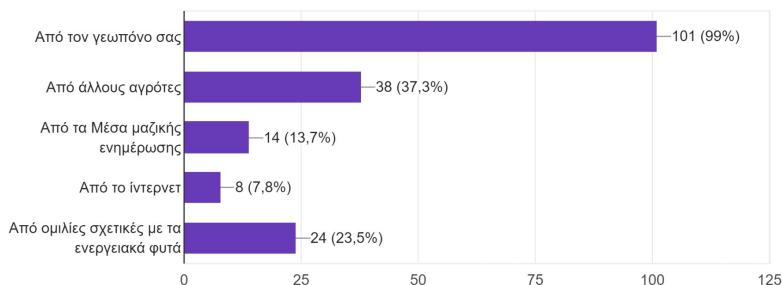
Διάγραμμα 15: Μορφωτικό επίπεδο και καλλιέργεια ενεργειακών φυτών



Διάγραμμα 16: Ηλικιακή ομάδα και καλλιέργεια ενεργειακών φυτών

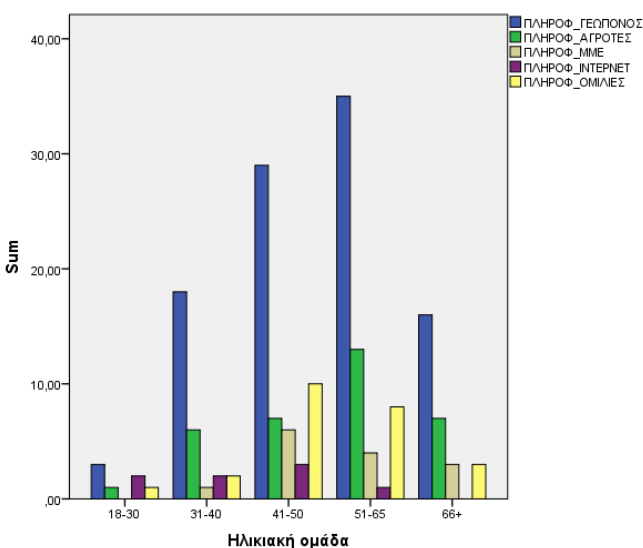
Στο διάγραμμα 17 παρατηρείται ότι το 99% των αγροτών επέλεξαν να πάρουν πληροφορίες για τα ενεργειακά φυτά από τον γεωπόνο τους. Είναι λογικό, διότι οι αγρότες έχουν μία ιδιαίτερη σχέση με τον γεωπόνο τους και είναι ελάχιστοι αυτοί που δεν λαμβάνουν υπόψιν την άποψη τους. Οι άλλες κατηγορίες κατέχουν και αυτές σημαντικά ποσοστά με την επικοινωνία με άλλους αγρότες και τις ομιλίες να έχουν ποσοστά 37,3% και 23,5% αντίστοιχα. Ακολουθούν τελευταία τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και το internet.

Από που αντλήσατε πληροφορίες για την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών?
102 απαντήσεις

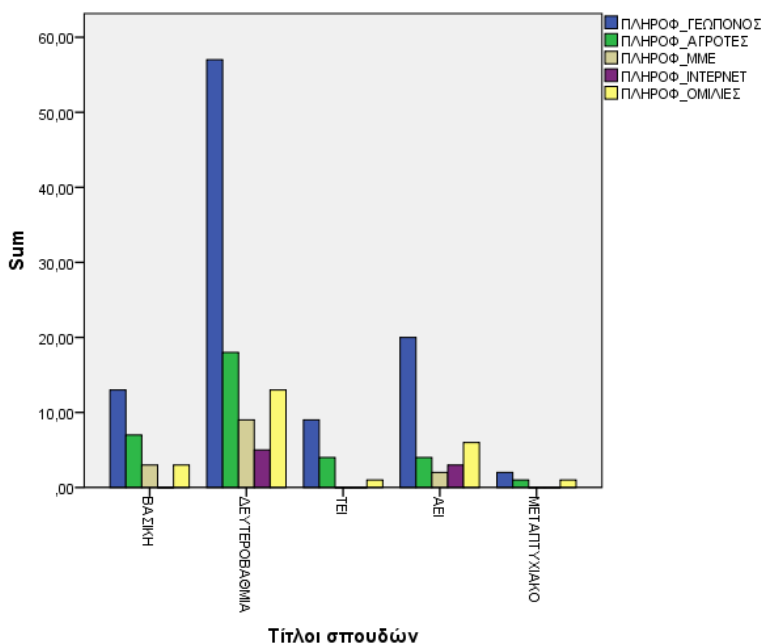


Διάγραμμα 17: Άντληση Πληροφοριών για την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών

Παρατηρώντας τα διαγράμματα (18 & 19) διαπιστώνεται ότι οι πληροφορίες για την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών σε σχέση με την ηλικία του αγρότη έχουν το ίδιο μοτίβο. Δηλαδή ανεξάρτητα από την ηλικία ο αγρότης απευθύνεται πρώτα στον γεωπόνο του, αμέσως επόμενη επιλογή είναι η άποψη των άλλων αγροτών και ακολουθούν οι ομιλίες, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και το internet. Το μορφωτικό επίπεδο των αγροτών δεν αλλάζει τι επιλογές όσον αφορά την άντληση πληροφοριών.



Διάγραμμα 18: Άντληση πληροφοριών σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα



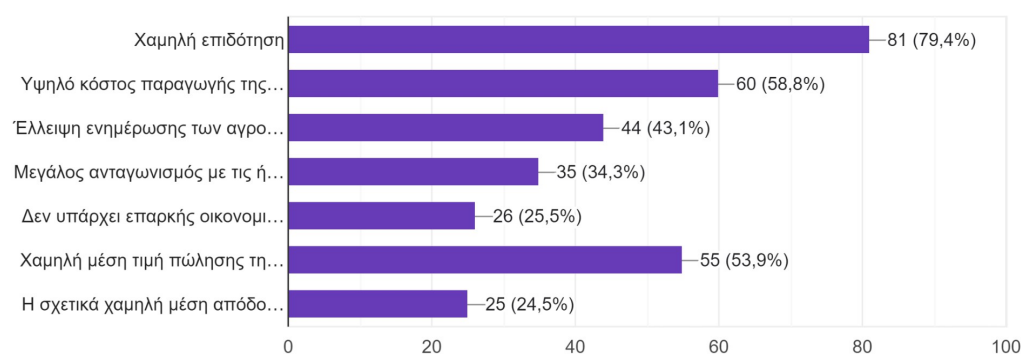
Διάγραμμα 19: Άντληση πληροφοριών σε σχέση με τον τίτλο σπουδών

6.4 Εμπόδια και Ανάπτυξη στις ενεργειακές καλλιέργειες

Αναφορικά με τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι αγρότες στην ευρύτερη καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών επικρατέστερη άποψη είναι η χαμηλή επιδότηση με ποσοστό 79,4%, το υψηλό κόστος παραγωγής της καλλιέργειας 58,8% και η χαμηλή τιμή πώλησης με 53,9%. Επιπρόσθετα ακολουθούν η έλλειψη ενημέρωσης 43,1%, ο μεγάλος ανταγωνισμός με τις ήδη τυπικές γεωργικές καλλιέργειες κάθε περιοχής 34,3% και ότι δεν υπάρχει επαρκής οικονομικό κίνητρο για να ασχοληθούν σε ποσοστό 25,5%. Ενώ στην τελευταία θέση βρίσκεται η σχετικά χαμηλή μέση απόδοση της ενεργειακής καλλιέργειας σε σύγκριση με τις τυπικές γεωργικές καλλιέργειες για τις ίδιες συνθήκες καλλιεργητικής φροντίδας στο 24,5%.

Ποια πιστεύετε ότι είναι τα εμπόδια για την ευρύτερη καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών?

102 απαντήσεις



Διάγραμμα 20: Εμπόδια για την ευρύτερη καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών

Αν και η επικρατούσα άποψη για τα εμπόδια ήταν η χαμηλή επιδότηση, οι αγρότες έδωσαν υψηλά ποσοστά και στις υπόλοιπες απαντήσεις.

Στην ηλικία τα χ^2 δείχνουν ανεξαρτησία

Στις σπουδές τα χ^2 δείχνουν ανεξαρτησία

Όμως στα σεμινάρια βρέθηκε εξάρτηση στο εμπόδιο της ελλιπούς ενημέρωσης (οριακό sig)

Crosstab

			ΕΜΠΟΔΙΟ_Ε/Λ_ΕΝΗΜΕΡ		Total
			ΟΧΙ	ΝΑΙ	
Έχετε παρακολουθήσει κάποιο σεμινάριο σχετικό με την γεωργία?	ΟΧΙ	Count	43	25	68
		% within Έχετε παρακολουθήσει κάποιο σεμινάριο σχετικό με την γεωργία?	63,2%	36,8%	100,0%
		% within ΕΜΠΟΔΙΟ_Ε/Λ_ΕΝΗΜΕΡ	75,4%	56,8%	67,3%
	ΝΑΙ	Count	14	19	33
		% within Έχετε παρακολουθήσει κάποιο σεμινάριο σχετικό με την γεωργία?	42,4%	57,6%	100,0%
		% within ΕΜΠΟΔΙΟ_Ε/Λ_ΕΝΗΜΕΡ	24,6%	43,2%	32,7%
Total	Count		57	44	101
	% within Έχετε παρακολουθήσει κάποιο σεμινάριο σχετικό με την γεωργία?		56,4%	43,6%	100,0%
	% within ΕΜΠΟΔΙΟ_Ε/Λ_ΕΝΗΜΕΡ		100,0%	100,0%	100,0%

Πίνακας 16: Διπλής εισόδου (crosstab)

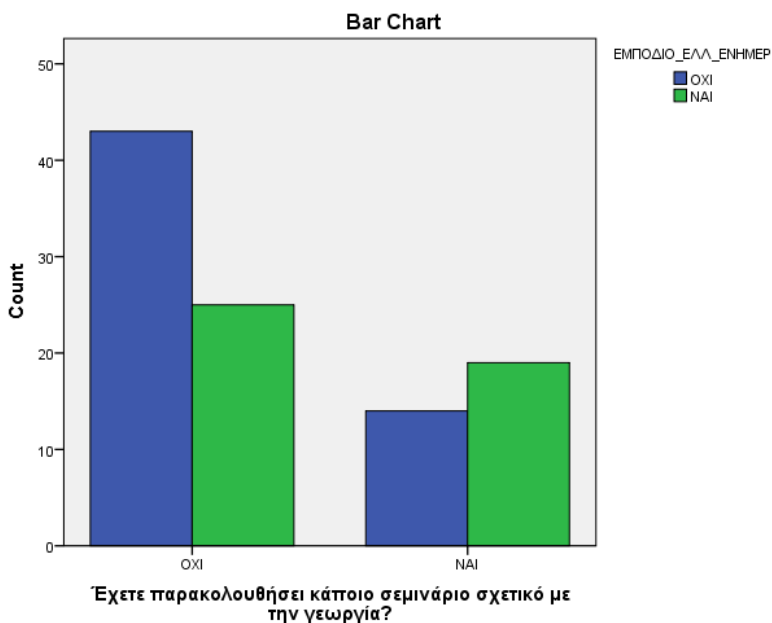
Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2- sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	3,914 ^a	1	,048	,057	,039
Continuity Correction ^b	3,113	1	,078		
Likelihood Ratio	3,905	1	,048		
Fisher's Exact Test					
Linear-by-Linear Association	3,875	1	,049		
N of Valid Cases	101				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 14,38.

b. Computed only for a 2x2 table

Πίνακας 17: Στατιστικός έλεγχος του χ^2

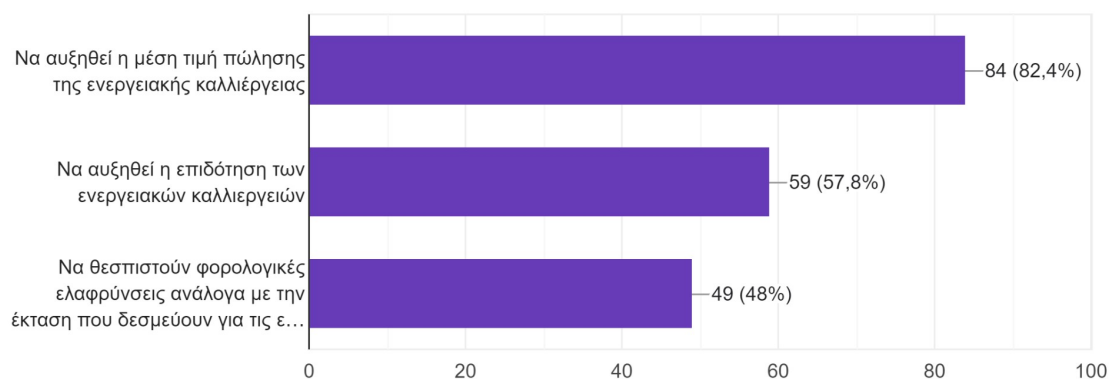


Διάγραμμα 21: Σεμινάριο σε σχέση με το εμπόδιο ελλιπούς ενημέρωσης

Παρατηρώντας το διάγραμμα 22 βλέπουμε ότι όλες οι απαντήσεις κρίνονται σημαντικές δεδομένου ότι είχαν περισσότερες από μία επιλογές. Δηλαδή οι αγρότες της Περιφέρειας Θεσσαλίας πιστεύουν σε ποσοστό 82,4 % ότι χρειάζεται να αυξηθεί η τιμή πώλησης των ενεργειακών φυτών, να αυξηθεί η επιδότηση τους σε ποσοστό 57,8 % και σε ποσοστό 48 % να θεσπιστούν φορολογικές ελαφρύνσεις ανάλογα με την έκταση που δεσμεύουν. Συμπερασματικά οι δύο πρώτες απαντήσεις είναι αλληλένδετες, διότι για να μπορέσουν οι αγρότες να ανταπεξέλθουν στο κόστος παραγωγής και να θεωρείται μία συμφέρουσα καλλιέργεια χρειάζεται αύξηση της τιμής πώλησης ή αύξηση επιδότησης. Στους χ2 ελέγχους δεν βρέθηκαν εξαρτήσεις μεταξύ των κατηγοριών των δημογραφικών.

Τι πιστεύετε θα βοηθούσε στις ενεργειακές καλλιέργειες να γίνουν οικονομικά συμφέρουσες για τον αγρότη που τις καλλιεργεί?

102 απαντήσεις



Διάγραμμα 22 : Τρόποι ενίσχυσης των καλλιεργειών με ενεργειακά φυτά

7. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Η παρούσα μελέτη στόχευσε στην διερεύνηση των γνώσεων και των απόψεων των πολιτών και συγκεκριμένα των γεωργών της Θεσσαλίας αναφορικά με την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών, που σχετίζονται με τη χρήση των βιοκαυσίμων. Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο και οι απαντήσεις τους οδήγησαν σε σημαντικά συμπεράσματα με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα. Σε ό,τι αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα της έρευνας, «*EE1: Το ποσοστό χρήσης των ενεργειακών φυτών από τους αγρότες της Θεσσαλίας;*», η πλειοψηφία των αγροτών αναδεικνύει ως πρώτη επιλογή το σιτάρι-βρώμη σε ποσοστό 88,2%, στην δεύτερη κατατάσσει την ελαιοκράμβη με 73,5%, στην τρίτη το βαμβάκι με τα δένδρα σε ποσοστό 45,1 %, ενώ στην τέταρτη βρίσκεται ο ηλίανθος με 30,4 % και ακολουθούν τα όσπρια με 29,4%, αραβόσιτος με 21,6%, τα αρωματικά φυτά με 4,9%. Επισημαίνεται ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες που καλλιεργούνται στην Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι ο ηλίανθος και η ελαιοκράμβη. Αξίζει να αναφερθεί ότι το ίδιο συμπέρασμα για τις καλλιέργειες προκύπτει και στον συνδυασμό των καλλιεργειών σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα, δηλαδή σε όλα τα ηλικιακά επίπεδα πρώτη επιλογή ήταν το σιτάρι, μετά η ελαιοκράμβη και ακολούθησαν όλα τα υπόλοιπα. Ομοιομορφία στην κατανομή τους βλέπουμε και όταν μελετούμε τα είδη των εκτάσεων σε σχέση με την περιοχή καλλιέργειας, πρωτοπορεί το σιτάρι, ακολουθεί η ελαιοκράμβη και συνεχίζουν βαμβάκι, ηλίανθος, δένδρα και όσπρια.

Αναφορικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα «*EE2: Οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούν τα ενεργειακά φυτά;*» σχεδόν όλοι οι αγρότες το 97,1 % σημείωσαν ότι επηρεάστηκαν από την συστηματική προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών τα τελευταία χρόνια. Η ενεργειακή κρίση και οι εναλλακτικοί τρόποι παραγωγής ενέργειας επηρέασαν δικαίως και τον τομέα της γεωργίας. Στη συνέχεια ακολουθεί με ποσοστό 24,5 % πιο χαμηλό σε σχέση με την πρώτη επιλογή, η αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων απασχόλησης των νέων αγροτών. Η διαφορά στο ποσοστό μεταξύ των δύο αυτών επιλογών οφείλεται στο ότι στα νέα προγράμματα μπορούν να συμμετέχουν αγρότες μέχρι την ηλικία των 40 ετών, άρα υπάρχει περιορισμός. Οι υπόλοιποι λόγοι που είναι η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική και η αλλαγή καιρικών συνθηκών καταλαμβάνουν μικρά ποσοστά της τάξης του 6,9% η κάθε μια ξεχωριστά .

Επιπρόσθετα, συγκρίνοντας το μορφωτικό επίπεδο των αγροτών με την συστηματική προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε πως ήταν η πρώτη επιλογή τους άσχετα από την βαθμίδα εκπαίδευσης τους. Παράλληλα και σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα είχαμε τα ίδια αποτελέσματα, δηλαδή οι αγρότες κάθε ηλικίας επέλεξαν να καλλιεργήσουν ενεργειακά φυτά λόγω

της τάσης προς αυτές τις καλλιέργειες.

Ως προς το τρίτο ερευνητικό ερώτημα «ΕΕ3: Μπορεί στην Θεσσαλία να αναπτυχθεί η καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών? Ποια τα εμπόδια?» επικρατέστερη άποψη ήταν η χαμηλή επιδότηση με ποσοστό 79,4%, το υψηλό κόστος παραγωγής της καλλιέργειας 58,8% και η χαμηλή τιμή πώλησης 53,9%. Ακολουθούν, η έλλειψη ενημέρωσης 43,1%, ο μεγάλος ανταγωνισμός με τις ήδη τυπικές γεωργικές καλλιέργειες κάθε περιοχής 34,3% και ότι δεν υπάρχει επαρκές οικονομικό κίνητρο για να ασχοληθούν σε ποσοστό 25,5%. Στην τελευταία θέση βρίσκεται η σχετικά χαμηλή μέση απόδοση της ενεργειακής καλλιέργειας σε σύγκριση με τις τυπικές γεωργικές καλλιέργειες για τις ίδιες συνθήκες καλλιεργητικής φροντίδας στο 24,5%.

Σχετικά με το "τι πιστεύετε ότι θα βοηθούσε στις ενεργειακές καλλιέργειες να γίνουν οικονομικά συμφέρουσες" οι αγρότες της Περιφέρειας Θεσσαλίας πιστεύουν σε ποσοστό 82,4 % ότι χρειάζεται να αυξηθεί η τιμή πώλησης των ενεργειακών φυτών, να αυξηθεί η επιδότηση τους σε ποσοστό 57,8 % και σε ποσοστό 48% να θεσπιστούν φορολογικές ελαφρύνσεις ανάλογα με την έκταση που δεσμεύουν. Συμπερασματικά οι δύο πρώτες απαντήσεις είναι αλληλένδετες, διότι για να μπορέσουν οι αγρότες να ανταπεξέλθουν στο κόστος παραγωγής και να θεωρείται μία συμφέρουσα καλλιέργεια χρειάζεται αύξηση της τιμής πώλησης ή αύξηση επιδότησης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν σε γενικές γραμμές τα συμπεράσματά μας. Πρώτα από όλα, είναι δεδομένο ότι τα βιοκαύσιμα αποτελούν ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή και μάλιστα φιλική προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Επίσης, η χρήση τους μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες σε σχέση τις υπόλοιπες τυπικές καλλιέργειες έχουν το πλεονέκτημα ότι η τιμή πώλησης του προϊόντος είναι γνωστή πριν την σπορά, ενώ αντίθετα στις τυπικές καλλιέργειες η τιμή πώλησης γίνεται γνωστή όταν αρχίζει η συγκομιδή. Ουσιαστικά διαπιστώθηκε ότι η χρήση των ενεργειακών φυτών αποτελεί ασφάλεια όσον αφορά το εισόδημα των αγροτών, καθώς τα βιομηχανικά φυτά σε αντίθεση με τις συμβατικές καλλιέργειες εξασφαλίζουν στο αγρότη ένα σταθερό εισόδημα. Στη συνέχεια το κόστος παραγωγής των ενεργειακών φυτών είναι μέτριο προς χαμηλό και αυτό θεωρείται αναμενόμενο, διότι ένα από τα πλεονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι η μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων, καθώς παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη και έχουν την ιδιότητα περιορίζουν τα ζιζάνια.

Για τον λόγο αυτό η μελλοντική παραγωγή βιοκαυσίμων και η χρήση τους θα πρέπει να πληρήν κάποιες προϋποθέσεις. Συγκεκριμένα στόχος τους θα πρέπει να είναι:

- η σημαντική εξοικονόμηση αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα,

- να βασίζεται σε περιβαλλοντικά υγιή γεωργικά και δασικά συστήματα διαχείρισης για την παραγωγή πρώτων υλών,
- να διατηρεί τη βιοποικιλότητα και την πολιτιστική κληρονομιά,
- να είναι κοινωνική χωρίς αποκλεισμούς
- να ενσωματωθεί σε τομείς τροφίμων, ζωοτροφών και άλλων τομέων χρήσης βιομάζας.
- να συμβάλλει θετικά στη συνολική χρήση γης.

Για την αύξηση της χρήσης των ενεργειακών φυτών από τους αγρότες προτείνεται :

- Να γίνεται συστηματική ενημέρωση των αγροτών από εξειδικευμένα άτομα για τις ενεργειακές καλλιέργειες, ώστε να έχουν μια εμπεριστατωμένη εικόνα για την χρήση τους και τα οφέλη προς την κοινωνία και το περιβάλλον.
- Να αυξηθούν η επιδοτήσεις των ενεργειακών καλλιεργειών καθώς και η τιμή πώλησης για να είναι συμφέρουσα η επιλογή καλλιέργειας.

Βιβλιογραφία

Amiri, H., & Karimi, K. (2019). Biobutanol production. In *Advanced Bioprocessing for Alternative Fuels, Biobased Chemicals, and Bioproducts* (pp. 109-133). Woodhead Publishing.

Aro, E. M. (2016). From first generation biofuels to advanced solar biofuels. *Ambio*, 45(1), 24-31.

Baig, K. S., Wu, J., & Turcotte, G. (2019). Future prospects of delignification pretreatments for the lignocellulosic materials to produce second generation bioethanol. *International Journal of Energy Research*, 43(4), 1411-1427.

Chong, T. Y., Cheah, S. A., Ong, C. T., Wong, L. Y., Goh, C. R., Tan, I. S., ... & Lim, S. (2020). Techno-economic evaluation of third-generation bioethanol production utilizing the macroalgae waste: A case study in Malaysia. *Energy*, 210, 118491.

Chowdhury, H., & Loganathan, B. (2019). Third-generation biofuels from microalgae: a review. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 20, 39-44.

Datta, A., Hossain, A., & Roy, S. (2019). An overview on biofuels and their advantages and disadvantages.

de Almeida Moreira, B. R., de Almeida Viana, C. R., Cruz, V. H., Lopes, P. R. M., da Silva Viana, R., & Ramos, R. A. V. (2022). Meta-Analytic review on third-generation biodiesel. *BioEnergy Research*, 15(1), 27-45.

Deora, P. S., Verma, Y., Muhal, R. A., Goswami, C., & Singh, T. (2022). Biofuels: An alternative to conventional fuel and energy source. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1178-1184.

Jeswani, H. K., Chilvers, A., & Azapagic, A. (2020). Environmental sustainability of biofuels: a review. *Proceedings of the Royal Society A*, 476(2243), 20200351.

Mat Aron, N. S., Khoo, K. S., Chew, K. W., Show, P. L., Chen, W. H., & Nguyen, T. H. P. (2020). Sustainability of the four generations of biofuels—a review. *International Journal of Energy Research*, 44(12), 9266-9282.

No, S. Y. (2014). Application of hydrotreated vegetable oil from triglyceride based biomass to CI engines—A review. *Fuel*, 115, 88-96.

Robak, K., & Balcerek, M. (2018). Review of second generation bioethanol production from residual biomass. *Food technology and biotechnology*, 56(2), 174.

Salakkam, A., Sittijunda, S., Mamimin, C., Phanduang, O., & Reungsang, A. (2021). Valorization of microalgal biomass for biohydrogen generation: A review. *Bioresource Technology*, 322, 124533.

Shildhauer, T. J. (2019). Biosynthetic natural gas (Bio-SNG). In *Energy from Organic Materials (Biomass)* (pp. 1065-1080). Springer, New York, NY.

Villadsen, S. N., Fosbøl, P. L., Angelidaki, I., Woodley, J. M., Nielsen, L. P., & Møller, P. (2019). The potential of biogas; the solution to energy storage. *ChemSusChem*, 12(10), 2147-2153.

Zhang, Z., O'Hara, I. M., Mundree, S., Gao, B., Ball, A. S., Zhu, N., Bai, Z. & Jin, B. (2016). Biofuels from food processing wastes. *Current Opinion in Biotechnology*, 38, 97-105.

Dufey, A. (2006). Biofuels Production, Trade and Sustainable Development: Emerging Issues. London, UK: International Institute for Environment and Development.

International Energy Agency (IEA). (2004). Biofuels for transport. *An International Perspective, OECD/IEA Paris, France*.

Farrell, A., Plevin, R., Turner, B., Jones, A., O'Hare, M., & Kammen, D. (χ.χ.).

Sims, R., Hastings, A., Schlamadinger, B., Taylor, G., & Smith, P. (2006). Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology*, 2054– 2076.

Pimentel, D. (2003). Ethanol fuels: energy balance, economics and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research*, 12(2), 127-134.

Balamurugan, T., Arun, A., & Sathishkumar, G. B. (2018). Biodiesel derived from corn oil–A fuel substitute for diesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 772-778.

Buosi, G. M., da Silva, E. T., Spacino, K., Silva, L. R. C., Ferreira, B. A. D., & Borsato, D. (2016). Oxidative stability of biodiesel from soybean oil: comparison between synthetic and natural antioxidants. *Fuel*, 181, 759-764.

Dahdah, E., Estephane, J., Haydar, R., Youssef, Y., El Khoury, B., Gennequin, C., Aboukaïs A., Abi-Aad E., & Aouad, S. (2020). Biodiesel production from refined sunflower oil over Ca–Mg–Al catalysts: Effect of the composition and the thermal treatment. *Renewable Energy*, 146, 1242-1248.

Dey, S., Reang, N. M., Das, P. K., & Deb, M. (2021). A comprehensive study on prospects of economy, environment, and efficiency of palm oil biodiesel as a renewable fuel. *Journal of Cleaner Production*, 286, 124981.

Feyzi, M., Hosseini, N., Yaghobi, N., & Ezzati, R. (2017). Preparation, characterization, kinetic and thermodynamic studies of MgO-La₂O₃ nanocatalysts for biodiesel production from sunflower oil. *Chemical Physics Letters*, 677, 19-29.

Hajjari, M., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., & Ghanavati, H. (2017). A review on the prospects of sustainable biodiesel production: A global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 445-464.

Kamel, D. A., Farag, H. A., Amin, N. K., Zatout, A. A., & Ali, R. M. (2018). Smart utilization of jatropha (*Jatropha curcas* Linnaeus) seeds for biodiesel production: Optimization and mechanism. *Industrial Crops and Products*, 111, 407-413.

Khanna, M., Louviere, J., & Yang, X. (2017). Motivations to grow energy crops: the role of crop and contract attributes. *Agricultural Economics*, 48(3), 263-277.

Kylili, A., Christoforou, E., Fokaides, P. A., & Polycarpou, P. (2016). Multicriteria analysis for the selection of the most appropriate energy crops: the case of Cyprus. *International Journal of Sustainable Energy*, 35(1), 47-58.

Lim, B. Y., Shamsudin, R., Baharudin, B. H. T., & Yunus, R. (2015). A review of processing and machinery for *Jatropha curcas* L. fruits and seeds in biodiesel production: harvesting, shelling, pretreatment and storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 991-1002.

Maheswari, P., Haider, M. B., Yusuf, M., Klemeš, J. J., Bokhari, A., Beg, M., Al-Othman, A., Kumar, R. & Jaiswal, A. K. (2022). A review on latest trends in cleaner biodiesel production: Role of feedstock, production methods, and catalysts. *Journal of Cleaner Production*, 131588.

Mazanov, S. V., Gabitova, A. R., Usmanov, R. A., Gumerov, F. M., Labidi, S., Amar, M. B., Passarello J., Kanaev A., Volle F. & Le Neindre, B. (2016). Continuous production of biodiesel from rapeseed oil by ultrasonic assist transesterification in supercritical ethanol. *The Journal of Supercritical Fluids*, 118, 107-118.

Mishra, V. K., & Goswami, R. (2018). A review of production, properties and advantages of biodiesel. *Biofuels*, 9(2), 273-289.

Nasreen, S., Liu, H., Skala, D., Waseem, A., & Wan, L. (2015). Preparation of biodiesel from soybean oil using La/Mn oxide catalyst. *Fuel Processing Technology*, 131, 290-296.

Sundus, F., Fazal, M. A., & Masjuki, H. H. (2017). Tribology with biodiesel: A study on enhancing biodiesel stability and its fuel properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 399-412.

Veljković, V. B., Biberdžić, M. O., Banković-Ilić, I. B., Djalović, I. G., Tasić, M. B., Nježić, Z. B., & Stamenković, O. S. (2018). Biodiesel production from corn oil: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 531-548.

Zeng, L., He, Y., Jiao, L., Li, K., & Yan, Y. (2017). Preparation of biodiesel with liquid synergetic lipases from rapeseed oil deodorizer distillate. *Applied biochemistry and biotechnology*, 183(3), 778-791.

Bergmann, J. C., Tupinambá, D. D., Costa, O. Y. A., Almeida, J. R. M., Barreto, C. C., & Quirino, B. F. (2013). Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. *Renewable and sustainable energy reviews*, 21, 411-420.

Cordero-Ravelo, V., & Schallenberg-Rodriguez, J. (2018). Biodiesel production as a solution to waste cooking oil (WCO) disposal. Will any type of WCO do for a transesterification process? A quality assessment. *Journal of environmental management*, 228, 117-129.

Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F., & Gimenez, E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy*, 9(7), 352.

Ishak, S., & Kamari, A. (2019). A review of optimum conditions of transesterification process for biodiesel production from various feedstocks. *International journal of environmental science and technology*, 16(5), 2481-2502.

Ma, F., & Hanna, M. A. (1999). Biodiesel production: a review. *Bioresource technology*, 70(1), 1-15.

Sharma, A., Kodgire, P., & Kachhwaha, S. S. (2019). Biodiesel production from waste cotton-seed cooking oil using microwave-assisted transesterification: Optimization and kinetic modeling. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116, 109394.

Μπάτζος Σ. (2014). Το βιοντίζελ στην Ελλάδα. Παρόν και προοπτικές. (Πτυχιακή Εργασία). Ελληνικό Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας, Καβάλα.

Παραρτήματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι -Ερωτηματολόγιο της μελέτης

Δημογραφικά στοιχεία

1. Φύλλο

- ☐ Άρρεν
- ☐ Θήλυ
- ☐ Άλλο:

2. Ηλικιακή ομάδα

- ☐ 18-30
- ☐ 31-40
- ☐ 41-50
- ☐ 51-65
- ☐ 66 και πάνω

3. Τίτλοι σπουδών

- ☐ Βασική εκπαίδευση
- ☐ Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
- ☐ ΤΕΙ
- ☐ Πανεπιστήμιο
- ☐ Μεταπτυχιακό
- ☐ Διδακτορικό

Κυρίως Ερωτήματα

4. Έχετε παρακολουθήσει κάποιο σεμινάριο σχετικό με την γεωργία?

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

5. Είναι κύρια ή δευτερεύουσα η απασχόληση σας με την γεωργία?

- ☐ Κύρια
- ☐ Δευτερεύουσα

6. Σε ποια περιοχή καλλιεργείται τα χωράφια σας?

- ☐ Τρίκαλα
- ☐ Λάρισα

- ☐ Καρδίτσα
- ☐ Βόλος

7. Επιλέξτε τα είδη των γεωργικών φυτών που καλλιεργείτε.

- ☐ Βαμβάκι
- ☐ Σιτάρι -Βρώμη
- ☐ Αραβόσιτος
- ☐ Όσπρια
- ☐ Ελαιοκράμβη
- ☐ Ηλίανθος
- ☐ Δένδρα
- ☐ Αρωματικά φυτά

8. Πόση είναι συνολική έκταση που καλλιεργείτε σε στρέμματα ?

Η απάντησή σας

9. Πόση από τη παραπάνω έκταση χρησιμοποιείτε για καλλιέργεια ενεργειακών φυτών?

Η απάντησή σας

10. Ο λόγος που στραφήκατε στην καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών οφείλονταν στην:

- ☐ Συστηματική προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών τα τελευταία χρόνια.
- ☐ Νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) η οποία επιδοτεί την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών.
- ☐ Αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων απασχόλησης των νέων αγροτών.
- ☐ Αλλαγή των καιρικών συνθηκών.

11. Από που αντλήσατε πληροφορίες για την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών?

- ☐ Από τον γεωπόνο σας
- ☐ Από άλλους αγρότες
- ☐ Από τα Μέσα μαζικής ενημέρωσης
- ☐ Από το ίντερνετ
- ☐ Από ομιλίες σχετικές με τα ενεργειακά φυτά
- ☐ Άλλο:

12. Που κατατάσσετε την επιδότηση οικονομικά (ευρώ / στρέμμα) για τις ενεργειακές καλλιέργειες?

- ☐ Πολύ χαμηλή
- ☐ Χαμηλή
- ☐ Μέτρια
- ☐ Υψηλή
- ☐ Πολύ υψηλή

13. Η επιδότηση για τις ενεργειακές καλλιέργειες σε σχέση με τις τυπικές γεωργικές καλλιέργειες και τις ίδιες συνθήκες καλλιεργητικής φροντίδας (άρδευση, λίπανση κτλ) είναι.

- ☐ Πολύ χαμηλή
- ☐ Χαμηλή
- ☐ Μέτρια
- ☐ Υψηλή
- ☐ Πολύ υψηλή

14. Το οικονομικό όφελος από την πώληση της ενεργειακής καλλιέργειας που επιλέξατε (χωρίς την επιδότηση) είναι

- ☐ Πολύ χαμηλό
- ☐ Χαμηλό
- ☐ Μέτριο
- ☐ Υψηλό
- ☐ Πολύ υψηλό

15. Το συνολικό κόστος παραγωγής της ενεργειακής καλλιέργειας είναι

- ☐ Πολύ Χαμηλό
- ☐ Χαμηλό
- ☐ Μέτριο
- ☐ Υψηλό
- ☐ Πολύ υψηλό

16. Τα ενεργειακά φυτά έχουν την ιδιότητα να εμπλουτίζουν τα εδάφη με πολύτιμα ιχνοστοιχεία. Παρατηρήσατε αύξηση της απόδοσης παραγωγής την επόμενη χρονιά σε άλλο είδος καλλιέργειας?

- ☐ Καθόλου
- ☐ Λίγο
- ☐ Μέτρια
- ☐ Καλά
- ☐ Πολύ καλά

17. Η υπογραφή σύμβασης με το εργοστάσιο που δίνεται τις ενεργειακές καλλιέργειες, πόσο σας εξασφαλίζει?

- ☐ Καθόλου
- ☐ Λίγο
- ☐ Μέτρια

- ☐ Καλά
- ☐ Πολύ καλά

18. Αν δεν υπογράφατε σύμβαση με κάποιο εργοστάσιο θα επιλέγατε την καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών?

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

19. Ποια πιστεύετε ότι είναι τα εμπόδια για την ευρύτερη καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών?

- ☐ Χαμηλή επιδότηση.
- ☐ Υψηλό κόστος παραγωγής της καλλιέργειας.
- ☐ Έλλειψη ενημέρωσης των αγροτών για τις ενεργειακές καλλιέργειες.
- ☐ Μεγάλος ανταγωνισμός με τις ήδη τυπικές γεωργικές καλλιέργειες κάθε περιοχής.
- ☐ Δεν υπάρχει επαρκές οικονομικό κίνητρο για να ασχοληθούν.
- ☐ Χαμηλή μέση τιμή πώλησης της ενεργειακής καλλιέργειας.
- ☐ Η σχετικά χαμηλή μέση απόδοση της ενεργειακής καλλιέργειας σε σύγκριση με τις τυπικές γεωργικές καλλιέργειες για τις ίδιες συνθήκες καλλιεργητικής φροντίδας.

20. Τι πιστεύετε θα βοηθούσε στις ενεργειακές καλλιέργειες να γίνουν οικονομικά συμφέρουσες για τον αγρότη που τις καλλιεργεί?

- ☐ Να αυξηθεί η μέση τιμή πώλησης της ενεργειακής καλλιέργειας.
- ☐ Να αυξηθεί η επιδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών.
- ☐ Να θεσπιστούν φορολογικές ελαφρύνσεις ανάλογα με την έκταση που δεσμεύουν για τις ενεργειακές καλλιέργειες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II – Διαγράμματα

