

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



TECHNOLOGICAL
EDUCATIONAL INSTITUTE *of*
CRETE
DEPARTMENT *of* MECHANICAL
ENGINEERING

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«**ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΑΓΡΟΤΟΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΎΓΡΑ
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ**»

ΦΟΙΤΗΤΕΣ:

ΜΙΧΕΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

A.M. 5751

ΧΑΛΕΒΕΛΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

A.M. 5793

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΜΑΝΙΟΣ ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2017

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή αφιερώνεται στις οικογένειες μας

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων, του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων, του ΤΕΙ Κρήτης, με την επιστημονική υποστήριξη του εργαστηρίου. Αυτή τη στιγμή που η πτυχιακή εργασία έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ.Θρασύβουλο Μανιό, την κ.Φένια Γάλλιου για την ευκαιρία που μας έδωσαν να εργαστούμε στο εργαστήριό τους και να προσπαθήσουμε να φέρουμε σε πέρας ένα, όπως αποδείχθηκε, δύσκολο έργο.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μας στο εργαστήριο που μας βοήθησαν ώστε το πρακτικό κομμάτι του πειράματος να γίνει δημιουργικό και επιστημονικά ορθό με τις συμβουλές και παρατηρήσεις τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	III
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	IV
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VI
ABSTRACT	VII
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	4
2.1 ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ	4
2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ	4
2.1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ – Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ	6
2.1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	7
2.1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	8
2.1.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	8
2.1.6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΥΠΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	12
2.2 ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ.....	14
2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ – ΑΕΡΙΑ – ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ.....	14
2.2.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	20
2.2.6 ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΛΕΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ	23
2.2.7 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ .	25
2.2.8 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΟΥ	27
2.3 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	29
2.3.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	29
2.3.2 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	30
3 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ	35
3.1 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	35
3.1.1 ΝΩΠΗ ΚΟΠΡΙΑ ΒΟΟΕΙΔΩΝ	36
3.1.2 ΝΩΠΗ ΚΟΠΡΙΑ ΧΟΙΡΩΝ	37
3.1.3 ΦΥΛΛΑ ΕΛΙΑΣ	38
3.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	40
3.3 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΤΗΚΑΝ	42
3.3.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ (pH) ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (EC).....	42
3.3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ N ΚΑΤΑ ΚJELDAHL	46
3.3.3 ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΚΑΛΙΟΥ	49
3.3.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	50
3.3.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ	52
3.3.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΛΩΝ.....	53

4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
4.1	ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ	57
4.2	ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΚΟΠΡΙΑΣ ΒΟΟΕΙΔΩΝ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΟΥ	58
4.3	ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΚΟΠΡΙΑΣ ΧΟΙΡΩΝ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΟΥ.....	60
4.4	ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΕΛΙΑΣ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΟΥ	64
4.5	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69
	ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69
	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	71

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε προσπάθεια αναλυτικής παρουσίασης της διαδικασίας της ηλιακής ξήρανσης τριών διαφορετικών αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων με εμπλουτισμό τους με υγρά απόβλητα ελαιουργείων. Η προσέγγιση αυτή έγινε μέσα από ένα σύνολο πειραμάτων και παρατηρήσεων που υλοποιήθηκαν σε θερμοκήπιο ηλιακής ξήρανσης, στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του ΤΕΙ Κρήτης.

Εντός του θερμοκηπίου ηλιακής ξήρανσης και μέσα σε ειδικές τσιμεντένιες δεξαμενές, τοποθετήθηκαν τρία διαφορετικά υλικά αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων, πιο συγκεκριμένα: 1) νωπή κοπριά βοοειδών, 2) νωπή κοπριά χοίρων και 3) φύλλα ελιάς. Κάθε ένα από τα υλικά αυτά υποβλήθηκε σε ηλιακή ξήρανση, με ταυτόχρονη προσθήκη σημαντικών ποσοτήτων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (κατσίγαρος). Κατά τη διάρκεια υλοποίησης του πειράματος καταγράφηκαν διάφορες φυσικοχημικές παράμετροι των υλικών, μεταξύ των οποίων, η υγρασία του υλικού, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η συγκέντρωση θρεπτικών (TN, TP, TK) και η συγκέντρωση φαινολών. Η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα από τον Φεβρουάριο έως και τον Σεπτέμβριο του 2015.

Στην παρούσα εργασία γίνεται παρουσίαση, τόσο της πειραματικής διαδικασίας που πραγματοποιήθηκε, όσο και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν κατά τη διάρκεια υλοποίησης των πειραμάτων ηλιακής ξήρανσης. Απώτερος στόχος της πειραματικής αυτής διαδικασίας είναι η διερεύνηση συμπύκνωσης των θρεπτικών που υπάρχουν στα αγροτοκτηνοτροφικά υπολείμματα και στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, στο τελικό παραγόμενο από την ηλιακή ξήρανση προϊόν. Πιο συγκεκριμένα, διερευνάται η δυνατότητα παραγωγής ενός οργανικού προϊόντος, εμπλουτισμένου σε θρεπτικά, το οποίο θα προκύπτει από την αξιοποίηση αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Εξετάζεται, δηλαδή, με την πειραματική αυτή διαδικασία η δυνατότητα της «ανακύκλωσης» θρεπτικών που είναι σημαντικά για την αγροτική παραγωγή, όπως είναι το άζωτο, το κάλιο και ο φώσφορος, με την αξιοποίηση υπολειμμάτων και αποβλήτων που προκύπτουν από τον αγροτικό τομέα.

Μετά από την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας προέκυψε ότι η ηλιακή ξήρανση, με ταυτόχρονο εμπλουτισμό αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων με σημαντικές ποσότητες υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, προκύπτει ένα οργανικό προϊόν εμπλουτισμένο

σε θρεπτικά, κυρίως σε κάλιο, ωστόσο όμως το προϊόν αυτό έχει σημαντικές συγκεντρώσεις φαινολών, οι οποίες το καθιστούν μη κατάλληλο για χρήση σε καλλιέργειες ως οργανικό λίπασμα. Μια περαιτέρω διαδικασία επεξεργασίας του παραγόμενου προϊόντος, όπως αυτή της κομποστοποίησης, πιθανά και σύμφωνα και με σχετική βιβλιογραφία, θα συνέβαλε, όχι μόνο στη σταθεροποίηση αυτού και την εξαφάνιση παθογόνων μικροοργανισμών, αλλά και στη μείωση της συγκέντρωσης των φαινολών που δρουν τοξικά στο σύνολο των καλλιεργειών.

ABSTRACT

In the present thesis an attempt has been made to complete a detailed presentation of the process of solar drying from three different agricultural and stock-farming residues with enrichment with olive mill wastewater. This approach has been made through a set of experiments and observations carried out in a special solar drying greenhouse in TEI of Crete farm.

Within the solar drying greenhouse and inside in special concrete tanks, three different materials of agricultural and stock-farming residues have been placed. More specifically: 1) fresh cow manure, 2) fresh pig manure and 3) olive leaves. Each of these materials were solar dried with simultaneous addition of significant amounts of olive mill wastewater. During the implementation of the experiment various physicochemical parameters were recorded among which, the moisture content, pH, electrical conductivity, the concentration of nutrients (TN, TP, TK) and the phenols concentration. The experimental procedure took place between February and September 2015.

In the present study, both the experimental procedure and the results occurred are presenting. The main aim of this experimental procedure is to evaluate the nutrients condensation from the raw materials in the final produced product. More specifically, the possibility of producing an organic product, rich in nutrients, is investigated. Moreover, the possibility of nutrients recycling that are important to agriculture, such as nitrogen, potassium and phosphorus, with the use of residues and wastes from the agriculture sector is also investigated during this thesis.

After the completion of the experimental procedure, the results occurred showed that after raw materials solar drying with addition of important quantities of olive mill wastewater

an organic product produced, enriched in nutrients, mainly in potassium. However, the significant phenols concentrations in the final product had as a result this product not proper for immediate application as organic fertilizer in cultivations. As a conclusion, it could be mentioned that the final solar dried product, after a complete composting procedure it could be free not only from pathogens (after stabilization), but also phenols degradation may occur during composting.

Key words: solar drying, olive mill wastewater, agro wastes

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Παρουσίαση προβλήματος

Η ανάγκη για κατάλληλη διαχείριση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων, καθώς και των κτηνοτροφικών αποβλήτων από κτηνοτροφικές μονάδες που υπάρχουν στην Κρήτη σε μεγάλη έκταση κάνει επιτακτική την ανάγκη εξεύρεσης λύσης αυτών των προβλημάτων. Είναι γεγονός ότι στην Κρήτη παράγονται ετησίως πάνω από 500.000m³ υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων και επί του παρόντος αποθηκεύονται σε ανοικτές δεξαμενές εξάτμισης.

Από τη μια, τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων φέρουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Το οργανικό τους κλάσμα περιλαμβάνει σάκχαρα, τανίνες, πολυφαινόλες, πολυαλκοόλες, πηκτίνες και λιπίδια, με το φαινολικό κλάσμα να ευθύνεται για τα περισσότερα προβλήματα ρύπανσης. Οι φαινολικές ενώσεις με μεγάλο μοριακό βάρος, παραμένουν το κύριο μειονέκτημα λόγω της μεγάλης δυσκολίας στην διάσπαση τους.

Από την άλλη, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, είτε από σταβλισμένες μονάδες, είτε από ζώα ελεύθερης βόσκησης, μπορούν να διαχωριστούν σε υγρά και στερεά. Τα κτηνοτροφικά απόβλητα χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, ποσοστό μεγαλύτερο του 70% είναι οργανικής σύστασης. Ένα από τα χαρακτηριστικά της οργανωμένης κτηνοτροφίας είναι ο καταμερισμός της εγχώριας παραγωγής κρέατος και γάλακτος σε μεγάλο αριθμό εκμεταλλεύσεων, συνήθως μικρού μεγέθους και δυναμικότητας και παραδοσιακού χαρακτήρα.

Μια συνολική λύση του προβλήματος της διάθεσης των κτηνοτροφικών απόβλητων, πρέπει να εξασφαλίζει την επίλυση των προβλημάτων που δημιουργούνται στους κτηνοτρόφους από τα απόβλητα των μονάδων τους σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος από τη ρύπανση και τη μόλυνση και την αξιοποίηση των αποβλήτων. Τέτοιες μέθοδοι αξιοποίησης των κτηνοτροφικών αποβλήτων εξασφαλίζουν την παραγωγή ενέργειας μέσω του βιοαερίου και την παραγωγή οργανικού λιπάσματος (κομπόστ) μετά από κατάλληλη ανάμιξη με φυτικά υπολείμματα του τελικού προϊόντος.

Σήμερα, οι περισσότερες μικρές, μεσαίες αλλά και μεγάλες κτηνοτροφικές μονάδες της χώρας μας, αντιμετωπίζουν έντονα το πρόβλημα της ανεξέλεγκτης διάθεσης των

αποβλήτων τους χωρίς κάποιο συγκεκριμένο προσανατολισμό στη διαχείριση τους. Ενώ στην Ελλάδα έχει αναπτυχθεί η αγροκτηνοτροφική παραγωγή και είναι ένας από τους βασικούς παραγωγικούς κλάδους που εξακολουθεί να εξελίσσεται, εντούτοις, βήματα για διαχείριση των παραπροϊόντων και της διαχείριση των αποβλήτων αυτών δεν έχει υπάρξει στοχευμένα παρά μόνο από μερικές ιδιωτικές εταιρείες.

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αυτά, μια ποικιλία μεθόδων έχει προταθεί για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων τόσο από τα ελαιοτριβεία όσο και από τις κτηνοτροφικές μονάδες. Ωστόσο, στην Κρήτη το κύριο πρόβλημα σχετίζεται με α) το μικρό μέγεθος των βιομηχανιών ελαιολάδου, β) τη διασπορά των ελαιοτριβείων (περισσότερα από 650 στο νησί) σε μεγάλες περιοχές και γ) τη διασπορά των μικρών και μεσαίων σταβλισμένων και οργανωμένων κτηνοτροφικών μονάδων δ) την απευθείας απόθεση των κτηνοτροφικών υπολειμμάτων, ρυπαίνοντας το περιβάλλον ή χρησιμοποιώντας την ως έχει στις καλλιέργειες, με δυσμενή αποτελέσματα, λόγω τοξικότητας, δυσοσμίας, μολυσματικότητας και της παρουσίας ζιζανίων.

Η διάθεση των κτηνοτροφικών υπολειμμάτων στο έδαφος είναι αδύνατη χωρίς προηγούμενη επεξεργασία. Η έλλειψη επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών έχει σημαντικές συνέπειες στο περιβάλλον, καθώς προκαλείται υποβάθμιση του λόγω της εδαφικής μόλυνσης εξαιτίας της μεταφοράς παθογόνων μικροβίων και παρασίτων, της ρύπανσης των υδάτων από τη μεταφορά μολυντικών στοιχείων, αλλά και της πρόκλησης οσμών και της υποβάθμισης της αισθητικής του τοπίου.

Ωστόσο, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ουσιαστικός στόχος είναι, πέρα από την αντιμετώπιση της διαχείρισης των αγροκτηνοτροφικών υπολειμμάτων και των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων, και των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκύπτουν από τη μη ορθή διαχείρισή αυτών, η αξιοποίηση, ανάκτηση και ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων που έχουν αυτά τα υπολείμματα και απόβλητα. Πιο συγκεκριμένα, λόγος γίνεται για τις ποσότητες των θρεπτικών του καλίου και του φωσφόρου και λιγότερου του αζώτου (λόγω του βιολογικού κύκλου του). Τα δυο αυτά θρεπτικά στοιχεία προέρχονται από ορυκτούς πόρους - αποτελούν δηλαδή πεπερασμένα και μη ανανεώσιμη πηγή – με αποτέλεσμα η διαθεσιμότητά τους να είναι περιορισμένη στον πλανήτη. Τόσο ο φώσφορος, όσο και το κάλιο, δεν έχουν βιολογικό κύκλο, που να τα επαναφέρει στην αρχική τους κατάσταση, μετά από τη δέσμευση και χρήση τους στα χημικά λιπάσματα. Τα στοιχεία αυτά απελευθερώνονται από νεκρούς ιστούς στο νερό, το οποίο στη συνέχεια καταλήγει σε υδάτινους αποδέκτες,

καταλήγοντας στις περισσότερες περιπτώσεις στη θάλασσα, με αποτέλεσμα να θεωρούνται ως «χαμένα».

Λαμβάνοντας επίσης υπόψη και το γεγονός της υπερβολικής χρήσης χημικών λιπασμάτων που γίνεται σε παγκόσμιο επίπεδο, το υψηλό κόστος αυτών για τους παραγωγούς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την μη ορθολογική χρήση αυτών, στην παρούσα γίνεται προσπάθεια να παραχθεί ένα οργανικό προϊόν, εμπλουτισμένο σε θρεπτικά (N, P & K), αξιοποιώντας οργανικά υπολείμματα του αγροτοκτηνοτροφικού τομέα, με απώτερο στόχο, το προϊόν αυτό να μπορέσει να αντικαταστήσει μέρος της απαιτούμενης χημικής λίπανσης.

1.2 Στόχοι Πτυχιακής Εργασίας

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται γύρω από τους εξής άξονες:

- Την παρουσίαση της τεχνολογίας της ηλιακής ξήρανσης και των μεθόδων της που χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς.
- Την αξιοποίηση και διαχείριση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων και τα προβλήματα που προκαλούν.
- Την αξιοποίηση και διαχείριση των αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων.
- Τη δυνατότητα παραγωγής ενός οργανικού προϊόντος - λιπάσματος, εμπλουτισμένου με θρεπτικά στοιχεία.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Ηλιακή Ξήρανση

2.1.1 Γενικά για την Ηλιακή Ξήρανση

Ξήρανση ονομάζεται η κατεργασία ολικής ή μερικής αφαίρεσης της υγρασίας που περιέχεται μέσα σε ένα σώμα. Είναι μία περίπλοκη διαδικασία κατά την οποία γίνεται ταυτόχρονη μεταφορά θερμότητας και μάζας σε συνδυασμό με φυσικούς ή χημικούς μετασχηματισμούς οι οποίοι με τη σειρά τους μπορούν να αλλοιώσουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η ξήρανση επιτυγχάνεται με την ατμοποίηση του υπάρχοντος υγρού στο προϊόν παρέχοντάς του έτσι, την κατάλληλη θερμότητα και μετατρέποντάς το τελικά σε ένα ξηρό προϊόν. Η υπαίθρια ξήρανση με την βοήθεια του ήλιου, ήταν η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε πρώτη από τα αρχαία χρόνια, ως ένας τρόπος συντήρησης κάποιων προϊόντων όπως κρέας, ψάρια, φρούτα, σπόροι, ξύλο αλλά και άλλα γεωργικά ή δασικά προϊόντα. Σήμερα πλέον, η ανάπτυξη της ξήρανσης είναι ραγδαία, με ακόμα μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης στο μέλλον σε χώρες με εξέλιξη στην αγροτική παραγωγή (Γαλανού Βασιλεία, 2009).

Οι κλασσικές μέθοδοι ξήρανσης είναι οι ακόλουθες:

- Μηχανικές μέθοδοι: αυτές επιτυγχάνονται με διάφορα μηχανικά μέσα και η ξήρανση του υλικού γίνεται με:
 1. ξηραντήρα τύπου οριζόντιου περιστρεφόμενου τυμπάνου
 2. ξηραντήρα κλειστού τύπου ταινίας,
- Θερμικές μέθοδοι: προϋποθέτουν την εφαρμογή θερμότητας για την αφαίρεση του νερού από την ιλύ και η ξήρανση του υλικού γίνεται με
 1. Άμεσους θερμικούς ξηραντές
 - i. ξηραντές τύπου απότομης ξήρανσης
 - ii. ξηραντές τύπου περιστρεφόμενου τύμπανου
 2. Έμμεσους θερμικούς ξηραντές
 - iii. ξηραντές τύπου κοίλων δίσκων ή αναδευτήρων

- iv. Ξηραντές τύπου μηχανικής επανασυμπίεσης του ατμού
- v. Ξηραντές τύπου ρευστοποιημένης κλίνης.

Ανασκόπηση των βασικών μεθόδων ξήρανσης της ιλύος

- **Μηχανικές μέθοδοι ξήρανσης**

Όσον αφορά τις μηχανικές μεθόδους ξήρανσης και των τμημάτων που αποτελούνται και ειδικότερα για την ξήρανση του υλικού γίνεται σε ξηραντήρα τύπου οριζόντιου περιστρεφόμενου τυμπάνου γίνεται με εμφύσηση θερμού αέρα. Ο περιστρεφόμενος κύλινδρος διαθέτει εσωτερικά πτερύγια προώθησης του υλικού και διαφράγματα που εξασφαλίζουν τυρβώδη ροή και δημιουργούν πολλαπλές βαθμίδες ξήρανσης.

Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στη στροβιλώδη αιώρηση του υλικού μέσω θερμού αέρα και κατάλληλων διαφραγμάτων εσωτερικά του κυλίνδρου, ώστε η ξήρανση του υλικού να είναι ομοιόμορφη σε όλη τη μάζα και όχι μόνο στην επιφάνεια. Η θερμοκρασία του αέρα στην είσοδο είναι περίπου 250 – 300°C και σταθερή στην έξοδο περίπου 90°C. Η σχετικά υψηλή θερμοκρασία στην έξοδο εξασφαλίζεται από τη συμπύκνωση υδρατμών στις μεταλλικές επιφάνειες του εξοπλισμού και τη διάβρωσή του.

Στον ξηραντήρα τύπου ταινίας η ξήρανση του υλικού γίνεται με διάτρητη ταινία μεταφοράς του υλικού και εμφύσηση θερμού αέρα. Πρόκειται για τεχνολογία χαμηλών θερμοκρασιών (θερμοκρασία εισερχόμενου αέρα περίπου 80°C). Η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία εφόσον συντρέχουν οι παρακάτω βασικές προϋποθέσεις.

- Πρώτον, η θερμοκρασία εξόδου του αέρα από το θάλαμο ξήρανσης πρέπει να είναι επαρκώς υψηλή. Σε αντίθετη περίπτωση κατά την επαφή του υγρού αέρα με τις ψυχρές επιφάνειες (π.χ. τοιχώματα του ξηραντήρα, αεραγωγοί κλπ.) παράγονται συμπυκνώματα τα οποία είναι διαβρωτικά.
- Δεύτερον, το προς ξήρανση υλικό πρέπει να έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε σκόνη, διότι διαφορετικά αναμένεται έμφραξη της διάτρητης ταινίας λόγω συσσωμάτωσης της σκόνης.

Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη σωστή διαστασιολόγηση των ξηραντήρων ώστε να εξασφαλίζεται ότι αυτοί θα μπορούν να εξατμίζουν εκείνη την ποσότητα νερού που θα συνεπάγεται υγρασία μικρότερη από 10% στην έξοδο και

ταυτόχρονα θα εξυπηρετείται η τροφοδοσία τους βάσει του ισοζυγίου μάζας (Μαρκαντωνάτος Γ., 1990).

2.1.2 Ηλιακή Ξήρανση – η σημασία της

Με τη μέθοδο της ηλιακής ξήρανσης η θερμότητα που απαιτείται για την απομάκρυνση της υγρασίας από τα στερεά προϊόντα παρέχεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Μία άλλη μέθοδος, πέρα από την παραδοσιακή φυσική ηλιακή ξήρανση, που χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία ως πηγή θερμότητας, είναι και η χρήση ξηραντήρων. Πρόκειται για μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με αρκετά πλεονεκτήματα και ιδιαίτερη σημασία καθώς η στρόφη σε νέες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι εξίσου πολύ σημαντική.

Η ηλιακή ξήρανση όμως, όπου είναι δυνατό να συμβεί, αποτελεί την οικονομικά αποδοτικότερη τεχνική ξήρανσης. Αυτό γίνεται, γιατί με την σωστή κατασκευή ενός ηλιακού ξηραντηρίου μπορεί να καλυφτούν οι ανάγκες της ξήρανσης χωρίς την μεσολάβηση κάποιας άλλης πηγής ενέργειας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μελετών τα τελευταία χρόνια, προέκυψε ότι έχει δοθεί περισσότερη προσοχή στα ηλιακά ξηραντήρια φρούτων και λαχανικών όμως έχει αποδειχθεί ότι η χρήση της ηλιακής ξήρανσης μέσω ενός θερμοκηπίου μπορεί να λειτουργήσει και σε ξήρανση άλλων υλικών όπως είναι η ιλύς στην περίπτωση που εξετάζουμε..

Έτσι, και λαμβάνοντας υπόψη ότι τα περισσότερα από τα γεωργικά προϊόντα που ξηραίνονται θερίζονται μέσα στο καλοκαίρι. Το να σχεδιάσει κάποιος ένα χαμηλού κόστους και υψηλής απόδοσης ξηραντήριο, σε μία χώρα όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι αρκετά υψηλή όπως η Ελλάδα, θα ήτανε αρκετά ελκυστικό (Σταματόπουλος Β., 2006).

Πλεονεκτήματα ηλιακής ξήρανσης

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της ηλιακής ξήρανσης είναι τα εξής :

- Χρησιμοποιεί τον ήλιο που είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία παρουσιάζεται άφθονη στη γη, είναι μη ρυπογόνα και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μονοπώλιο.
- Τα προϊόντα που έχουν υποστεί την ηλιακή ξήρανση είναι καθαρά και ανώτερα από

αυτά που έχουν υποστεί κάποια βιομηχανική ή χημική ξήρανση.

- Εξισορροπεί την βελτιωμένη ποιότητα στα προϊόντα που δέχονται την ξήρανση με την μειωμένη επιθυμητή περιεκτικότητα σε υγρασία.
- Η εποχή της ξήρανσης μπορεί να επιμηκυνθεί με την χρήση ξηραντήρων ιλύος στους οποίους διάφοροι τύποι προϊόντων μπορούν να συντηρηθούν.
- Μεγαλύτερο εισόδημα από την παραγωγή εμπορεύσιμων συγκομιδών.
- Ο χρόνος της ξήρανσης μπορεί να μειωθεί σημαντικά σε σχέση με τη φυσικής ξήρανσης.
- Τα αυξανόμενα κέρδη μπορούν να καλύψουν τις συμπληρωματικές δαπάνες που περιλαμβάνονται στην εγκατάσταση των ηλιακών ξηραντήρων.

Παρόλα αυτά, χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία για την προγραμματισμένη ξήρανση παρουσιάζονται διάφορες δυσκολίες που πρέπει να υπερνικηθούν. Το κυριότερο μειονέκτημα των ηλιακών ξηραντών έγκειται στο γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι υψηλή, και κατά προτίμηση σε ένα Μεσογειακό κλίμα στο οποίο η περίοδος ξήρανσης να είναι αρκετά μεγάλη ώστε οι ηλιακοί ξηραντές να κρίνονται οικονομικά αποδοτικοί.

Αυτή η δυσκολία μπορεί να προσπεραστεί, είτε με τη χρησιμοποίηση δεξαμενών αποθήκευσης θερμότητας, είτε με τη χρήση μιας βοηθητικής πηγής ενέργειας. Εκτός αυτού, ακόμη και οι περίοδοι ακτινοβολίας μπορούν να δημιουργήσουν ορισμένες δυσκολίες. (Παντελάκης Ε., Θεσσαλονίκη, 2010). Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μια μεταβλητή λειτουργία που σχετίζεται με το χρόνο και για αυτόν το λόγο απαιτείται να υπάρχει σύστημα ελέγχου. Κατά συνέπεια, η φύση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει έμφυτα προβλήματα που απαιτούν αρκετά μέσα για την λύση τους (αποθήκευση θερμότητας, βοηθητική πηγή ενέργειας, συστήματα ελέγχου, ηλιακοί συλλέκτες επιφάνειας), κάνοντας τις δαπάνες επένδυσης αρκετά σημαντικές (Σταματόπουλος Β., 2006).

2.1.3 Τεχνολογίες Ηλιακής Ξήρανσης

Η τεχνολογία πάνω στην οποία βασίζεται η ηλιακή ξήρανση είναι η μέθοδος θέρμανσης της ιλύος μέχρι την επιτρεπόμενη από το θερμοκήπιο θερμοκρασία και ξήρανση

μέσω της εξάτμισης του νερού από την επιφάνειά της. Έτσι, αποτέλεσμα είναι η παραγωγή προϊόντος με περιεκτικότητα σε στερεά πάνω από 70% (Σταματόπουλος Β., 2006).

2.1.4 Εφαρμογές της τεχνολογίας ηλιακής ξήρανσης

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές της τεχνολογίας της ηλιακής ξήρανσης όπως για παράδειγμα οι πιο σημαντικές: η ιλύς, λόγω της ανάπτυξης θερμοκρασιών πάνω από 50°C για μεγάλο χρονικό διάστημα, υγιεινοποιείται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό, η παραγόμενη από την ηλιακή ξήρανση και ξηραμένη ιλύς λόγω της μεγάλης θερμογόνου δύναμης που παρουσιάζει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο σε επακόλουθη θερμική αξιοποίηση, είτε κατευθείαν από την εγκατάσταση είτε ακόμα και από μεγαλύτερες εγκαταστάσεις καύσης όπως η ΔΕΗ, τσιμεντοβιομηχανίες ή εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων (Σταματόπουλος Β., 2006).

2.1.5 Συστήματα Ηλιακής Ξήρανσης

2.1.5.1 Φυσικά Ηλιακά Ξηραντήρια

Στα ξηραντήρια αυτά χρησιμοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία απευθείας. Τα γεωργικά προϊόντα τοποθετούνται πάνω σε δίσκους ή ψάθες ή σε αβαθείς άβακες που τοποθετούνται ακόμη και πάνω στο έδαφος. Τα προϊόντα τοποθετούνται προσανατολισμένα στους επικρατούντες ανέμους. Τα φυσικά ηλιακά ξηραντήρια είναι απλές και πολύ οικονομικές κατασκευές, προϋποθέτουν όμως ανθρώπινη επίβλεψη έτσι ώστε να προστατεύονται σε περίπτωση βροχής, καθώς επίσης και συχνή μάλαξη για την αποφυγή υπερθέρμανσης των απευθείας εκτεθειμένων στον ήλιο επιφανειών.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των φυσικών ηλιακών ξηραντηρίων είναι τα ακόλουθα:

Σημαντικές απώλειες των προϊόντων που δεν ξηραίνονται ικανοποιητικά ή καταστρέφονται κατά τις μετακινήσεις. Για παράδειγμα, κατά την ξήρανση των ψαριών στην άμμο, οι απώλειες μπορεί να φτάσουν μέχρι και 50%.

- Καταστροφή των βιταμινών (κυρίως Α και C) εξαιτίας της απευθείας έκθεσης των προϊόντων στον ήλιο.

- Ποιοτική υποβάθμιση των υπό ξήρανση γεωργικών προϊόντων λόγω διαφόρων επιδράσεων όπως της κακοκαιρίας, των εντόμων, της σκόνης, κλπ. (Αγγελική Καυγά 2005)



Εικόνα 1: Φυσικό ηλιακό ξηραντήριο σταφίδας

2.1.5.2 Άμεσα Ηλιακά Ξηραντήρια

Στην περίπτωση αυτή τα γεωργικά προϊόντα εκτίθενται απευθείας στον ήλιο αφού τοποθετηθούν πρώτα μέσα στα ξηραντήρια. Τα ξηραντήρια είναι απλές γεωργικές κατασκευές, που αποτελούνται από ένα τζαμωτό πλαίσιο, κάτω από το οποίο τοποθετούνται, επάνω σε δίσκους, τα υπό ξήρανση προϊόντα. Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται κατά μήκος του ξηραντηρίου με φυσικό αερισμό (φαινόμενο της καμινάδας) ή πολύ σπάνια με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα.



Εικόνα 2: Άμεσο ηλιακό ξηραντήριο με δίσκους αποξήρανσης

Ο τύπος αυτός ξηρατηρίου έχει τα εξής **πλεονεκτήματα**:

- Τα προς ξήρανση προϊόντα προστατεύονται καλύτερα από τις διάφορες εξωτερικές επιδράσεις όπως η κακοκαιρία, τα έντομα κλπ.
- Η θερμοκρασία μέσα σε αυτό το ξηρατήριο είναι αρκετά υψηλότερη λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου κι έτσι ελαττώνεται σημαντικά ο χρόνος ξήρανσης των προϊόντων.

Παράλληλα τα σημαντικότερα μειονεκτήματά του είναι:

- Η καταστροφή ορισμένων βιταμινών λόγω της υπερβολικά υψηλής θερμοκρασίας.
- Ο κίνδυνος φωτοξείδωσης των προϊόντων εξαιτίας της μετάδοσης της υπεριώδους ακτινοβολίας από το σκέπασμα του ξηρατηρίου.
- Ο κίνδυνος να ξεπεράσει η θερμοκρασία τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, για τη σωστή ξήρανση των προϊόντων.

Ένα άμεσο ηλιακό ξηρατήριο είναι και το ονομαζόμενο κιβώτιο ξήρανσης. Τα κιβώτια ξήρανσης είναι μικρές μονάδες που μεταφέρονται συχνά σαν οικιακές μονάδες για τη διατήρηση των προϊόντων αγροτικών οικογενειών. Στα ξηρατήρια αυτά παρατηρούνται πολύ συχνά υπερθερμάνσεις λόγω του μικρού τους όγκου. Ένας άλλος τύπος άμεσου ηλιακού ξηρατηρίου, μεγαλύτερης όμως κλίμακας, είναι τα ξηρατήρια θερμοκηπίου. Τα ξηρατήρια αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως για την ξήρανση μεγάλων ποσοτήτων νοπών προϊόντων. (Χριστοφής Ι. Κορωναίου, 2012)

2.1.5.3 Έμμεσα Ηλιακά Ξηρατήρια

Στα ξηρατήρια αυτά, τα προς ξήρανση προϊόντα δεν εκτίθενται απευθείας στην ηλιακή ακτινοβολία, αλλά τοποθετούνται σε δίσκους στο εσωτερικό ενός κατάλληλου χώρου. Ο αέρας εισέρχεται στο χώρο με τα προς ξήρανση προϊόντα, αφού προηγουμένως περάσει από συλλέκτες αέρα ή άλλους προθερμαντήρες που το θερμαίνουν σε σχέση με το χρησιμοποιούμενο χώρο. Η μεταφορά του αέρα γίνεται με φυσικό ελκυσμό χρησιμοποιώντας μια ηλιακή καπνοδόχο ή με μηχανικά μέσα.

Ο τύπος αυτός ηλιακών ξηραντηρίων είναι περισσότερο δαπανηρός και συχνά περισσότερο περίπλοκος στην κατασκευή από τα άμεσα ξηραντήρια. Τα ξηραντήρια αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για προϊόντα περισσότερο ευαίσθητα στην ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία των οποίων θα πρέπει να ελέγχεται (θέρμανση για ξήρανση προϊόντων που προορίζονται για σπόρους αναπαραγωγής καθώς και για την ξήρανση προϊόντων με χαμηλή μέγιστη θερμοκρασία). Επίσης, τα έμμεσα ηλιακά ξηραντήρια χρησιμοποιούνται και για την ξήρανση τροφίμων. Η διάρκεια της ξήρανσης είναι μεταβλητή και στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι μεγαλύτερη από εκείνη της άμεσης ξήρανσης. (Χριστοφής Ι. Κορωναίου, 2012)

2.1.5.4 Υβριδικά Ξηραντήρια

Η επαρκής θέρμανση του αέρα στα ξηραντήρια αυτά επιτυγχάνεται με τη χρήση εκτός της ηλιακής ενέργειας και μιας συμπληρωματικής ενέργειας (πετρέλαιο, ηλεκτρισμός, ξύλα, κλπ). Τις περισσότερες φορές η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του αέρα που εισέρχεται στο ξηραντήριο. Τα υβριδικά ξηραντήρια είναι περισσότερο δαπανηρά και χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας ή σε εμπορικές εφαρμογές. (Χριστοφής Ι. Κορωναίου, 2012).

Ένας άλλος διαχωρισμός των ξηραντηρίων που βασίζεται αφενός στη χρησιμοποιούμενη τεχνική ξήρανσης και αφετέρου στον τρόπο θέρμανσης του αέρα που εισέρχεται, είναι ο ακόλουθος:

2.1.5.5 Ξηραντήρια τύπου θερμοκηπίου

Στα ξηραντήρια αυτά η δέσμευση της ηλιακής ενέργειας επιτυγχάνεται μέσα στο χώρο του ξηραντηρίου και ο αέρας αποτελεί το μοναδικό μέσο μετάδοσης της θερμότητας. Τα ξηραντήρια αυτά είναι απλές κατασκευές με οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή και προσανατολισμό από ανατολή προς δύση. Η είσοδος τοποθετείται συνήθως στο βορρά και μονώνεται θερμικά. Οι νότιες επιφάνειες καλύπτονται από ένα διαφανές υλικό (γυαλί ή πλαστικό). Το εσωτερικό της κατασκευής βάφεται μαύρο, ενώ η κυκλοφορία στο εσωτερικό του ξηραντηρίου επιτυγχάνεται με ηλεκτρικούς ανεμιστήρες μικρής ισχύος, κατάλληλα τοποθετημένους στις ανατολικές και δυτικές πλευρές της κατασκευής (Χριστοφής Ι. Κορωναίου, 2012).

2.1.5.6 Ξηραντήρια με ηλιακό συλλέκτη

Ο ηλιακός συλλέκτης χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του αέρα του ξηραντηρίου και είναι τοποθετημένος έξω από το χώρο ξήρανσης. Συνήθως το υλικό που χρησιμοποιείται για τη συλλογή και τη μετάδοση της ηλιακής ενέργειας είναι ένα ρευστό (νερό ή αέρας). Η θερμότητα που δεσμεύεται από το συλλέκτη μεταδίδεται στο χώρο του ξηραντηρίου με κυκλοφορία νερού ή αέρα. Σε ορισμένα ξηραντήρια η θερμότητα αποθηκεύεται σε δεξαμενές με νερό. Τα ξηραντήρια αυτά είναι περισσότερο δαπανηρά και περίπλοκα (Χριστοφής Ι. Κορωναίου, 2012).

2.1.6 Ανάπτυξη μηχανολογικού εξοπλισμού συστημάτων ηλιακής ξήρανσης τύπου θερμοκηπίου

Η ηλιακή ξήρανση, που είναι γνωστή για την εφαρμογή της κυρίως στην ξήρανση της ιλύος, αποτελεί μια απλή μέθοδο και βασίζεται στην επαφή του συνεχώς ανανεώσιμου αέρα και της ιλύος. Η ιλύς διαστρώνεται σε μια επιφάνεια από μπετόν και αναδεύεται μηχανικά, κάτω από ένα θερμοκήπιο.



Εικόνα 3: Ενδεικτική εικόνα ξήρανσης ιλύος σε θερμοκήπιο με χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού

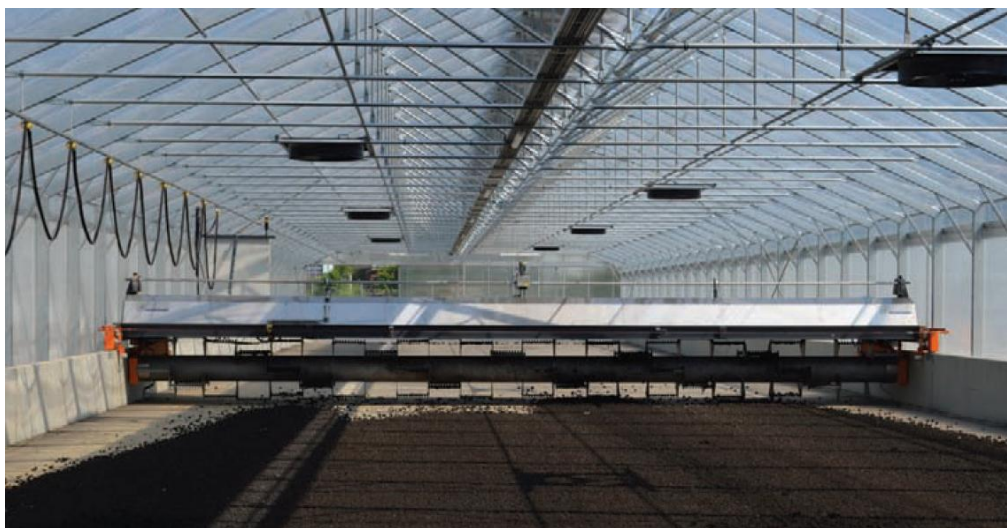
Η ιλύς θερμαίνεται, εντός του θερμοκηπίου, ώστε να εξασφαλισθεί η θερμοκρασία εξάτμισης του νερού από την επιφάνεια της. Ο αέρας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην

απομάκρυνση του νερού διότι κατά την είσοδο του στο θερμοκήπιο αναθερμαίνεται, αποκτώντας μεγάλη δυναμικότητα προσρόφησης νερού και διευκολύνοντας τη μεταφορά του νερού που εξατμίζεται. Σε περίπτωση που η εγκατάσταση διαθέτει διεργασία αναερόβιας χώνευσης από το παραγόμενο βιοαέριο, στα συστήματα ηλιακής ξήρανσης μπορεί να προστεθεί εξωτερική θερμότητα με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητάς του ή μείωση του απαιτούμενου χώρου κατά την κατασκευή.

Τα θερμοκήπια αποτελούν κατασκευές από γαλβανισμένη ασάλινη κατασκευή υποστήριξης και καλυπτόμενες είτε από πολυμερές είτε από γυαλί. Εσωτερικά, τα θερμοκήπια περιέχουν αισθητήρες καταγραφής των παραμέτρων παρακολούθησης (εσωτερικά και εξωτερικά) του θερμοκηπίου. Οι αισθητήρες αυτοί είναι υπεύθυνοι για τη ρύθμιση της ταχύτητας του αέρα στην επιφάνεια της ιλύος μέσω των ανεμιστήρων που είναι τοποθετημένη εντός του θερμοκηπίου.

Η ανάδευση και ο αερισμός της ιλύος είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση μιας ικανοποιητικής ταχύτητας ξήρανσης καθώς και μιας αποτελεσματικής ομογενοποίησης και αποφυγής σχηματισμού αναερόβιων ζωνών (ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών).

Η ανάδευση στα θερμοκήπια παραγοντοποιείται με διάφορους τρόπους. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι η χρήση ρομπότ, κινούμενων οχημάτων ή μηχανισμών στερεωμένων στα τοιχεία του θερμοκηπίου. Οι τελευταίοι αυτοί μηχανισμοί κινούνται παράλληλα στο δάπεδο του θερμοκηπίου και ταυτόχρονα περιστρέφονται αναδεύοντας την ιλύς. Επιπλέον, τα θερμοκήπια ελέγχονται από κεντρικό PLC σύστημα.



Εικόνα 4: *Ανάδευση ιλύος σε θερμοκήπιο ξήρανσης με σύστημα ανάδευσης ρομπότ στερεωμένο στα πλαϊνά τοιχεία.*

Το σύστημα αυτό έχει την ιδιότητα να παρακολουθεί τις καταγεγραμμένες, από τους αισθητήρες, παραμέτρους εσωτερικά και εξωτερικά του θερμοκηπίου (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα του αέρα, ηλιακή ακτινοβολία κ.α.). Τέλος, επεξεργαστές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των βέλτιστων συνθηκών διεργασίας, τον έλεγχο καθώς και την παρακολούθηση όλων των στοιχείων ελέγχου (π.χ. εξαερισμός σύστημα ανάδευσης κ.α.). Είναι σημαντικό να αναφερθεί, πρώτον, ότι το ποσοστό απομάκρυνσης του νερού από την ιλύ με τη μέθοδο της ξήρανσης είναι τουλάχιστον 70% το οποίο μεταφράζεται σε μείωση του όγκου των προς διάθεση βιοστερεών κατά ελάχιστο σε 1/3 του αρχικού. Δεύτερον, η ιλύς υγιεινοποιείται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό εξαιτίας της ανάπτυξης θερμοκρασιών άνω των 50° C (μέθοδος είδη εφαρμοζόμενη στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α).

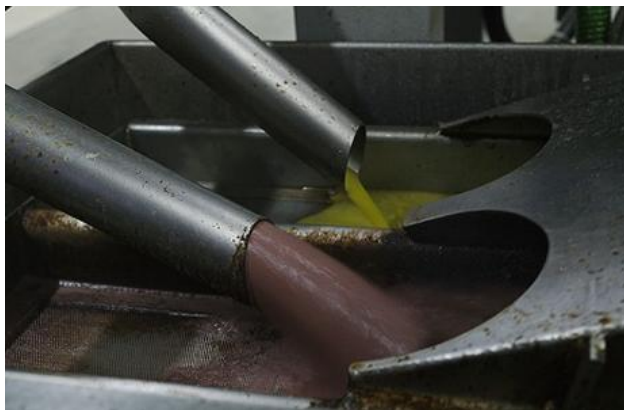
Όμως το πρόβλημα αυτό μπορεί να αποφευχθεί με την χρήση συστημάτων απόσμησης. Επομένως συμπεραίνεται ότι η ηλιακή ξήρανση αποτελεί μια οικονομική αλλά και φιλική για το περιβάλλον μέθοδο σταθεροποίησης της ιλύος. Η αποδοτικότητα της μεθόδου αυτής αναμένεται υψηλή σε μια χώρα με ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες όπως η Χώρα μας.

Λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογία αυτή και βασιζόμενοι στις αρχές λειτουργίας της, έγινε προσπάθεια εφαρμογής της διαδικασίας της ξήρανσης και στα πλαίσια της παρούσας, όχι όμως ιλύος, αλλά κτηνοτροφικών υπολειμμάτων (νωπής κοπριάς), στα οποία γινόταν εμπλουτισμός με υγρά απόβλ

2.2 Υγρά Απόβλητα Ελαιοτριβείων

2.2.1 Γενικά για τα Στερεά – Αέρια – Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Κατά την κατεργασία του ελαιοκάρπου στα ελαιοτριβεία, παράλληλα με το ελαιόλαδο παράγεται και μία σειρά παραπροϊόντων. Αυτά είναι ο ελαιοπυρήνας, που αποτελείται από τα αλεσμένα στερεά συστατικά του καρπού (κυρίως του κουκουτσιού), τα ελαιόφυλλα που έχουν μεταφερθεί με τον ελαιοκάρπο και μια σημαντική σε όγκο και οργανικό φορτίο ποσότητα υγρών αποβλήτων, που είναι γνωστά ως "λιοζούμι", "κατσίγαρος" ή "μούργα", που διεθνώς είναι γνωστό με την ονομασία olive mill waste water (OMW ή OMWW).



Εικόνα 5: Λεπτομέρεια – σωλήνες εκροής ελαιολάδου και υγρών αποβλήτων σε σύγχρονο ελαιοτριβείο.

Είναι γεγονός ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας του ελαιόλαδου εκτιμάται ότι παράγουν μεταξύ 400 και 600 λίτρα alpechin (λύματα) ανά τόνο επεξεργασμένων ελιών. Τα επίπεδα λυμάτων ελαιοτριβείων από τις διαδικασίες τριών φάσεων είναι πολύ υψηλότερα, και παράγουν από 800 έως 1000 λίτρα λυμάτων ελαιοτριβείου ανά τόνο επεξεργασμένων ελιών.

Με τη διαδικασία δύο φάσεων δεν παράγονται σχεδόν καθόλου λύματα, αν και τα απόβλητα έχουν την τάση να έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρά που έχουν υψηλό κόστος επεξεργασίας. Συνολικά, εκτιμάται ότι παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι λυμάτων ελαιοτριβείου το χρόνο σε ευρωπαϊκό επίπεδο και μεγάλη ποσότητα από αυτά είναι στην ουσία νερό (80- 83%). Οι οργανικές συνθέσεις (κυρίως φαινόλες, πολυφαινόλες και τανίνες) αποτελούν το 15- 18% του περιεχομένου των λυμάτων, ενώ τα ανόργανα στοιχεία (όπως τα άλατα καλίου και τα φωσφορικά άλατα) αποτελούν το υπόλοιπο 2%.

Αυτά τα ποσοστά διαφοροποιούνται ανάλογα με παράγοντες που σχετίζονται με το κλίμα και τις συνθήκες του εδάφους, τη διαχείριση αγροκτημάτων, τις μεθόδους συγκομιδής και τις διαδικασίες εξαγωγής ελαιόλαδου. Η παρουσία πρωτεϊνών, ανόργανων ουσιών και πολυσακχαριδίων στα λύματα σημαίνει ότι τα λύματα ελαιοτριβείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα καθώς και στην άρδευση.

Πίνακας 1: Δεδομένου από τη διεθνή βιβλιογραφία για την σύνθεση των υγρών λυμάτων ελαιοτριβείων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Al-Malah et. al.,	Sierra et. al., 2001	Galiatsatou et. al., 2002	Azbar et. al., 2004	Eroglu et. al.,
pH	4.52	4.5-6.0	4.9-6.5	3.0-5.9	4.86
BOD (g/l)	13.25	35-100	15-120	23-100	17.88
COD (g/l)	320	40-195	30-150	40-220	72.20
Πολυφαινόλες (g/l)	3.12	3-24	1.5-2.4	0.002-80	0.13
Σάκχαρα (%)			2-8		
Λίπη, Έλαια (g/l)		0.3-23	1.3	1.0-23	
Πηκτίνες-Τανίνες (%)			1.0-1.5		
TS (g/l)				1.0-102.5	42.24
SS (g/l)					3.48
N (g/l)		5.0-15	0.5-2.0 %	0.3-1.2	
P (g/l)		0.3-1.1			
K (g/l)		2.7-7.2			7.81
Ca (g/l)		0.12-0.75			0.55
Na (g/l)		0.04-0.90			0.41
Mg (g/l)		0.10-0.40			0.28

Αυτές οι φαινόλες καθαρίζονται δύσκολα και δεν ανταποκρίνονται καλά στη συμβατική αποδόμηση με τη χρήση τεχνικών που βασίζονται στα βακτήρια. Επομένως τα ρυπαντικά φορτία των ελαιοτριβείων είναι σημαντικά με επίπεδα BOD₅ (βιολογικός απαιτούμενο οξυγόνο σε 5 ημέρες) και COD (χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο) της τάξης των 20.000 και 35.000 mg/l ανά λίτρο. Αυτό αντιπροσωπεύει ένα ιδιαίτερα μεγάλο φορτίο οργανικής ύλης συγκριτικά με τα συνήθη αστικά λύματα, με επίπεδα μεταξύ 400 mg/l και 800 mg/l ανά λίτρο.

Η αναερόβια χώνευση των λυμάτων ελαιοτριβείων οδηγεί σε αφαίρεση μόνο του 80 με 90% του COD και αυτή η επεξεργασία παραμένει ανεπαρκής για να επιτρέψει τη διάθεση των λυμάτων ελαιοτριβείου στο περιβάλλον. Η απόρριψη μη ασφαλών λυμάτων ελαιοτριβείων στα υδάτινα συστήματα μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία αύξηση στον αριθμό των μικροοργανισμών.

Αυτοί οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου στο νερό και μειώνουν επομένως το μερίδιο που είναι διαθέσιμο για τους άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Αυτό μπορεί πολύ γρήγορα να κλυδωνίσει την ισορροπία ενός ολόκληρου οικοσυστήματος.

Περαιτέρω ανησυχίες προκαλούνται από τις υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου στα λύματα ελαιοτριβείων, δεδομένου ότι εάν αυτός απελευθερωθεί στα υδάτινα ρεύματα μπορεί να ενθαρρύνει και να επιταχύνει την ανάπτυξη φυκών.

Οι έμμεσες επιπτώσεις περιλαμβάνουν τον ευτροφισμό που μπορεί να καταστρέψει την οικολογική ισορροπία τόσο στα υπόγεια όσο και στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα. Ο φώσφορος παραμένει δύσκολος στην αποδόμηση και έχει την τάση να διασκορπίζεται μόνο σε μικρές ποσότητες με εναποθέσεις μέσω των τροφικών αλυσίδων (φυτά – ασπόνδυλα – ιχθείς – πτηνά κλπ). Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων φωσφορικών θρεπτικών ουσιών στα λύματα ελαιοτριβείων επιτρέπει στους παθογόνους οργανισμούς να πολλαπλασιάζονται και να μολύνουν τα ύδατα. Αυτό μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες στην τοπική υδάτινη ζωή, καθώς και στους ανθρώπους και τα ζώα που έρχονται σε επαφή με το νερό.

Τα λύματα των ελαιοτριβείων μπορούν να προκαλέσουν αρκετά άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Αυτά περιλαμβάνουν τα εξής:

- Λιπίδια στα λύματα ελαιοτριβείων που παράγουν μια αδιαπέραστη μεμβράνη στην επιφάνεια των ποταμών, στις όχθες τους και στις γειτονικές αγροτικές γαίες. Αυτή η μεμβράνη στερεί το ηλιακό φως και το οξυγόνο από τους μικροοργανισμούς στο νερό με αποτέλεσμα τη μειωμένη ανάπτυξη των φυτών στις όχθες των ποταμών και τη συνεπαγόμενη διάβρωση του εδάφους.
- Τα οξέα, οι ανόργανες και οι οργανικές ουσίες στα λύματα ελαιοτριβείων μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την κατιοανταλλακτική ικανότητα (CEC) των εδαφών. Η CEC χρησιμοποιείται ως μέσο μέτρησης της γονιμότητας του εδάφους και αναφέρεται στην ικανότητα κάποιου εδάφους να ανταλλάσσει κατιόντα (θετικά φορτισμένα ιόντα) μεταξύ του εδάφους και του διαλύματος εδάφους.
- Μπορεί να δημιουργηθούν δυσάρεστες οσμές σε εκτεταμένη περιοχή λόγω της ζύμωσης των λυμάτων ελαιοτριβείων που διατίθενται στο φυσικό περιβάλλον, με την εκπομπή μεθανίου και άλλων δύσοσμων αερίων, όπως το υδρόθειο.

2.2.2 Στερεά Απόβλητα

Τα στερεά απόβλητα αποτελούνται από ένα μίγμα στερεών συστατικών, όπως τον ελαιοπυρήνα και τα φύλλα των ελαιόδεντρων που συλλέχθηκαν κατά τη συγκομιδή του ελαιοκάρπου. Ο ελαιοπυρήνας μεταφέρεται σε ειδικές εγκαταστάσεις (πυρηνελουργεία), μετά από ξήρανση στους 60°C, εξάγεται με διάλυμα εξανίου για την παραγωγή του πυρηνέλαιου.



Εικόνα 6: Σωροί ελαιοπυρήνα απορριπτέοι από σύγχρονο ελαιοτριβείο

Από τη διαδικασία αυτή παράγονται ετησίως περίπου 170.000 τόνοι λαδιού και 1.600.000 τόνοι πυρηνόξυλου το οποίο χρησιμοποιείται σαν καύσιμο και καλύπτει πλήρως ή μερικώς τις ενεργειακές ανάγκες των ελαιοτριβείων, σε φούρνους, σε ειδικά ημιαυτόματα συστήματα κεντρικής θέρμανσης σπιτιών, θερμοκηπίων, ακόμη σε μονάδες παραγωγής ασβέστη και για κομποστοποίηση ως εδαφοβελτιωτικό.

Συνήθως η μεταφορά και η επεξεργασία του ελαιοπυρήνα από τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία είναι ασύμφορη, λόγω μεγάλης απόστασης των ελαιοτριβείων από τα πυρηνελουργεία και λόγω υψηλής υγρασίας του πυρήνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο ελαιοπυρήνας να μένει ανεκμετάλλευτος και να δημιουργείτε καινούργια εστία ρύπανσης. Τα φύλλα των ελαιόδεντρων και τα κλαδιά, ένα μικρό μέρος τους χρησιμοποιούνταν ως ζωοτροφή. Πρόσφατα άρχισε η περαιτέρω αξιοποίηση τους για την παρασκευή χουμικών και εδαφοβελτιωτικών υλικών διότι η περιεκτικότητα των φύλλων σε άζωτο και κάλιο είναι πλούσια.

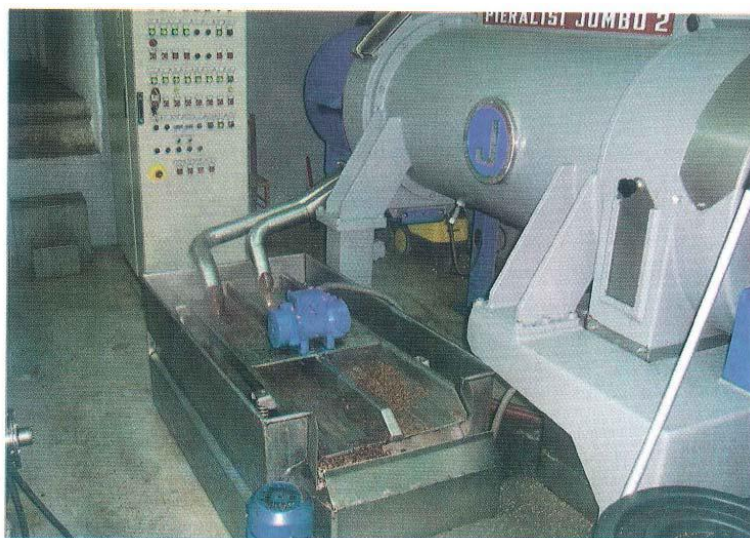
2.2.3 Αέρια Απόβλητα

Τα μοναδικά αέρια που παράγονται κατά την παραγωγική διαδικασία των ελαιοτριβείων είναι από τα μηχανήματα εσωτερικής καύσης και τα καυσαέρια καύσης του ελαιοπυρήνα.

Το γεγονός ότι τα περισσότερα ελαιοτριβεία εγκαθίστανται εκτός αστικών περιοχών, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επιβάρυνση για τις κατοικημένες περιοχές. Για αυτούς τους αέριους ρύπους που εκπέμπονται σε σχέση με τον όγκο του ατμοσφαιρικού αποδέκτη, οδηγούμαστε στο τελικό συμπέρασμα ότι η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τις αέριες εκπομπές των ελαιοτριβείων θεωρούνται αμελητέες.

2.2.4 Υγρά Απόβλητα

Τα κύρια απόβλητα κατά την παραγωγή ελαιόλαδου είναι υγρά απόβλητα και προέρχονται από το στάδιο της έκθλιψης (εφόσον χρησιμοποιείται ως μέθοδος εξαγωγής ελαιόλαδου), το στάδιο του τελικού φυγοκεντρικού διαχωρισμού και το στάδιο της πλύσης του ελαιοκάρπου με καθαρό νερό. Υγρά απόβλητα είναι τα φυτικά υγρά του ελαιοκάρπου, αυξημένα με το νερό κατεργασίας (πλύση ελαιοκάρπου, αραιώση ελαιοζύμης, πρόσθετο νερό διαχωριστήρων, καθαρισμός ελαιοτριβείου κλπ).



Εικόνα 7: Φυγοκεντρική μέθοδος παραγωγής ελαιόλαδου (Θερίος, 2005)

Τα απόβλητα είναι σκοτεινού χρώματος με χαρακτηριστική οσμή και σύμφωνα με τα περιορισμένα διαθέσιμα στοιχεία παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλούς δείκτες ρύπανσης (BOD5, COD, αιωρούμενα στερεά

2.2.5 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά

Στις μεσογειακές χώρες η συνολική ποσότητα παραγωγής υγρών αποβλήτων ξεπερνά τα 30 εκατομμύρια κυβικών μέτρων κάθε χρόνο. Στην Ελλάδα η συνολική παραγωγή υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων είναι περίπου 1.5 εκατομμύριο κυβικά μέτρα ετησίως, αφού υπάρχουν γύρω στα 2.500 ελαιοτριβεία σε ολόκληρη την Ελλάδα. Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων αποτελούν πηγή ρύπανσης των εδαφών και των υδάτινων πόρων εξαιτίας του υψηλού οργανικού φορτίου που έχουν.

Το οργανικό φορτίο αποτελείται από δύσκολες αλλά και εύκολα βιοδιασπώμενες ενώσεις. Τα περισσότερα ελαιουργεία, παραδοσιακά και τριφασικά έχουν δυναμικότητας 10-20 tn ελαιόκαρπου ανά ημέρα. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια να προκύπτουν ημερησίως 8 m³ και 15 m³ αντιστοίχως υγρά απόβλητα την ημέρα.

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Έντονο σκούρο καφέ έως σχεδόν μαύρο χρώμα
- Έντονο χαρακτηριστικό άρωμα
- Υψηλό οργανικό φορτίο, όπου μέρος αυτού είναι δύσκολα αποικοδομήσιμο με την αναλογία COD/BOD5 να κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 5
- pH που κυμαίνεται από 3 έως 6 (ελαφρώς όξινο)
- Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Υψηλό περιεχόμενο σε πολυφαινόλες
- Υψηλό περιεχόμενο σε στερεή ύλη

Τα υγρά απόβλητα του ελαιοτριβείου ανήκουν στη **κατηγορία των γεωργικών αποβλήτων**. Επηρεάζονται από κάποιους παράγοντες για αυτό το λόγο υπάρχει ένα εύρος των τιμών των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τη σύσταση του κατσίγαρου.

- Ποικιλία των ελιών
- Ηλικία ωρίμανσης των καρπών των ελαιόδεντρων
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Τύπο του εδάφους
- Τύπο της τεχνολογίας παραγωγής και τρόπος διαχωρισμού ελαιόλαδου από την

ελαιοζύμη.

- Χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων
- Χρόνο συγκομιδής και αποθήκευσης πριν την επεξεργασία.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικές παράμετροι των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων

Παράμετροι	Τιμές
PH	4.5 - 6
EC ₂₅ (dS/m)	8 - 22
BOD ₅ (mg/l)	35.000 – 100.000
COD (mg/l)	40.000 – 195.000
Lipids (mg/l)	300 – 23.000
Organic matter (g /l)	40 - 165
Mineral matter (g/l)	5 - 14
Polyphenols (mg/l)	3.000 – 24.000
N (g/l)	5 - 15
P (g/l)	0.3 – 1.1
K (g/l)	2.7 – 7.2
Ca (g/l)	0.12 – 0.75
Mg (g/l)	0.10 – 0.40
Na (g/l)	0.04 – 0.90
Solids (%)	5.5 – 17.6

Η σύνθεση του υγρού αποβλήτου των ελαιοτριβείων αποτελείται από 83-94% νερό, 4-16% οργανική ύλη (πηκτίνες, λιπίδια, πρωτεΐνες, πολυαλκοόλες, πολυσακχαρίδια, οργανικά οξέα, αλκοόλες, αλδεϋδες, οργανικά μόρια χαμηλού μοριακού βάρους) και 0,4-2,5% ανόργανη ύλη που βρίσκεται υπό μορφή ανόργανων αλάτων (άλατα του ανθρακικού οξέος, φωσφορικά άλατα, ιόντα νατρίου, καλίου, ασβεστίου, σιδήρου, χαλκού, μαγνησίου, μαγγανίου, ψευδαργύρου και χλωρίου).

Το πιο σημαντικό μέρος του οργανικού κλάσματος από ποσοτικής απόψεως, καταλαμβάνουν τα σάκχαρα, ενώ οι πολυφαινόλες και οι λιπαρές ουσίες, μολονότι υποδεέστερες ποσοτικά, από ποιοτικής απόψεως είναι τα πιο σημαντικά συστατικά, διότι σε αυτά οφείλονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Οι φαινολικές ενώσεις είναι ευρέως διαδεδομένες στα φυτικά προϊόντα και περιλαμβάνουν, απλές φαινόλες, φαινολικά οξέα, φαινυλο-αλκοόλες και φλαβονοειδή.

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικοί υδρογονάνθρακες – Αλδεΐδες – Αλειφατικές αλκοόλες του ελαιολάδου

Υδρογονάνθρακες	Αλδεΐδες	Αλειφατικές Αλκοόλες
Ισοπεντάνιο	Ακεταλδεΐδη	Μεθανόλη
2-Μεθυλ-πεντάνιο	Προπανόλη	Αιθανόλη
Εξάνιο	2-Μεθυλ-βουτανόλη	Ισοπροπυλική αλκοόλη
Οκτάνιο	3-Μεθυλ-βουτανόλη	1-Πεντανόλη
Εννεάνιο	Βουτανόλη	3-Μεθυλοβουταν-1-όλη
Ναφθαλίνιο	Πεντανόλη	1-Πεντεν-3-όλη
Εθυλ-ναφθαλίνιο	Trans-2-Πεντανόλη	Cis-3-Εξεν-1-όλη
Αρωματικοί υδρογονάνθρακες		Trans-2-Εξεν-1-όλη
		1-Εξανόλ
		1-Επτανόλ
		1-Οκτανόλ
		1-Εννεανόλ
		2-Φαινυλαιθανόλη

Οι οργανικές ουσίες των υγρών αποβλήτων των ελαιολιπιδίων μπορούν να διαχωριστούν σε ενώσεις:

- εύκολης και άμεσης αφομοίωσης από οργανισμούς, όπως σάκχαρα, οργανικά οξέα, αμινοξέα
- πολυμερή ή βιοαποικοδομήσιμα, όπως πρωτεΐνες, ημικυταρρίνες, πηκτίνες
- δύσκολα διασπώμενα συστατικά όπως φαινόλες, τανίνες μεγαλομοριακές λιπαρές ουσίες.

Το COD των αποβλήτων του φυγοκεντρικού ελαιολιπιδίου έχει μικρότερη τιμή από το κλασικό, λόγω της αραίωσης του με μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Τα παραδοσιακά ελαιολιπίδια παράγουν περίπου 400 lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιόκαρπου, ενώ τα φυγοκεντρικά 1000 lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιόκαρπου, λόγω της μεγάλης χρησιμοποίησης νερού κατά την εξαγωγή του ελαιόλαδου.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων των ελαιολιπιδίων είναι το έντονο σκούρο χρώμα. Αυτό το χρώμα οφείλεται στη παρουσία τανινών που περιέχονται στο φλοιό του ελαιόκαρπου και στα φαινολικά μόρια, που βρίσκονται σε αναλογία απλών φαινολικών ενώσεων και πολυφαινολών οι οποίες αποτελούν σκουρόχρωμες ενώσεις. Το απόβλητο γίνεται πιο σκούρο κατά την αποθήκευσή του στις εξατμισοδεξαμενές εξαιτίας των αντιδράσεων οξειδωση και πολυμερισμού των πολυφαινολών που λαμβάνουν χώρα.

Για το σκούρο χρώμα οφείλεται ένα πολυμερές μόριο που προκύπτει από διάφορες

απλές φαινολικές ενώσεις. Το μόριο αυτό έχει συνδεθεί χημικά με τη λιγνίνη και τα χουμικά οξέα. Ίσως παράγεται κατά την ενζυμική αφυδρογόνωση κατά τον πολυμερισμό φαινολών.

2.2.6 Φυτοτοξικότητα και Φαινόλες των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων

Οι φυτοτοξικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων οφείλονται σε φαινολικές ενώσεις, πτητικά, οργανικά οξέα (οξικό οξύ και φορμικό οξύ), πολυαλκοόλες και άλλα μόρια. Όταν όλα τα προηγούμενα συστατικά βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις, δηλαδή να γίνει απευθείας διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τότε επηρεάζουν αρνητικά ιδιαίτερα τα φυτά που βρίσκονται σε βλαστικό στάδιο.

Είναι εργαστηριακά εξακριβωμένο ότι η διάθεση των μη επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε καλλιέργειες αγρωστωδών, με ελεγχόμενο τρόπο, δηλαδή σε χαμηλές συγκεντρώσεις, δεν προκαλούν κίνδυνο φυτοτοξικότητας, δεν υπάρχει αρνητική επίδραση στην βλαστικότητα και στη φυσιολογική πρόωμη ανάπτυξη των φυτών. Οι κατάλληλες δόσεις κασίγαρου κυμαίνονται από 40 έως 80 m³/ha. Επίσης, οι αρνητικές επιδράσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στα φυτά μετά από άρδευση, οφείλονται στην υψηλή αγωγιμότητα, το χαμηλό pH, και την τοξικότητα ορισμένων ιόντων που περιέχουν.

Σκόπιμα θα αναφερθούμε στις φαινόλες που είναι γνωστές στη βιβλιογραφία και σαν πολυφαινόλες ή πολυφαινολικές ενώσεις. Είναι ένα από τα κύρια συστατικά του κασίγαρου και ενοχοποιούνται για τη δύσκολη επεξεργασία τους, αφού είναι συστατικά που αποικοδομούνται δύσκολα παρουσιάζοντας αντιμικροβιακές και φυτοτοξικές ιδιότητες.

Οι φαινολικές ενώσεις είναι οι ουσίες οι οποίες αποτελούνται από ένα βενζολικό δακτύλιο ο οποίος περιέχει απευθείας ενωμένες μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες. Στα φυτά έχουν βρεθεί περισσότερες από 4000 διαφορετικές φαινολικές ενώσεις. Η ποσότητα τους στο ελαιόλαδο ποικίλει και εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως το υψόμετρο της περιοχής καλλιέργειας του ελαιόδεντρου, τις κλιματολογικές συνθήκες (ύψος βροχοπτώσεων, θερμοκρασία), τις εργασίες κατά την καλλιέργεια, το βαθμό ωριμότητα του ελαιοκάρπου και τον τύπο του ελαιουργείου που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του ελαιόλαδου.

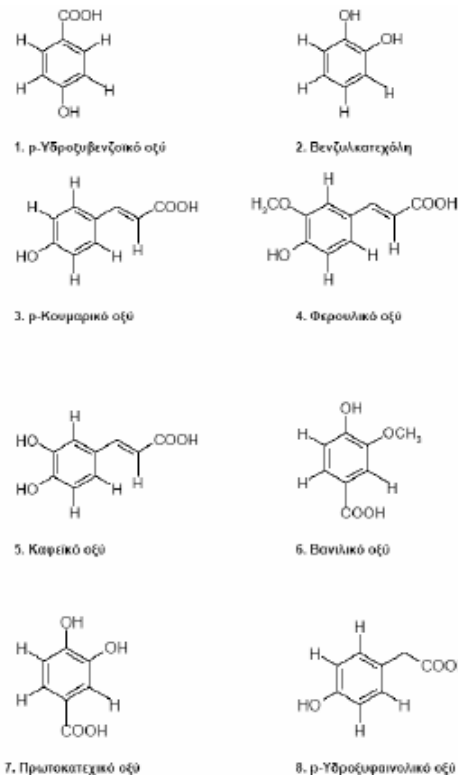
Η διάλυση των κολλοειδών ουσιών (πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών) οι οποίες είναι υδατοδιαλυτές και συνυπάρχουν με τις φαινολικές συντελεί και στη μερική διάλυση των φαινολικών ουσιών κατά την επεξεργασία του ελαιοκάρπου στο ελαιουργείο. Η διάλυση

αυτή έχει σαν συνέπεια ένα μεγάλο μέρος των φαινολικών ενώσεων που περιέχονται στη σάρκα του καρπού, να απομακρύνονται με τα απόβραστα.

Οι φαινολικές ενώσεις στο λάδι δεν περιέχουν στο μόριό τους περισσότερες από 1-2 υδροξυλομάδες. Οι φαινολικές ενώσεις, ελεύθερες ή εστεροποιημένες, περιέχονται στο πολικό μέρος του ελαιολάδου, το οποίο λαμβάνεται με εκχύλιση με μείγμα μεθανόλης-νερού. Στους διάφορους τύπους ελαιολάδου έχουν βρεθεί περισσότερες από 20 πολυφαινόλες. Σε μεγάλες ποσότητες βρίσκονται η τυροσόλη και η υδρόξυ-τυροσόλη.

Οι φαινόλες είναι ευαίσθητες στο φως και την υψηλή θερμοκρασία, ενώ έχουν αντιοξειδωτική δράση, λόγω του φαινολικού τους δακτυλίου. Έτσι το ελαιολάδο, πλούσιο σε πολυφαινόλες, παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση στην οξείδωση. Αν και η παρουσία των φαινολικών ενώσεων έχει συνδεθεί με τη μεγάλη διάρκεια ζωής του ελαιολάδου δεν γνωρίζεται πλήρως ποια συστατικά είναι υπεύθυνα για την αντιοξειδωτική του ικανότητα.

Εκτός από την τυροσόλη και την υδρόξυτυροσόλη που βρίσκονται σε μεγάλο βαθμό στο ελαιολάδο, περιέχεται και ένα πλήθος από άλλα φαινολικά συστατικά, κάποια από αυτά σε πολύ μικρές ποσότητες, που είναι πιθανόν να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την αντιοξειδωτική ικανότητα του ελαιολάδου.



Εικόνα 8: Χημικός τύπος των κυριότερων φαινολικών ενώσεων του λαδιού

2.2.7 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων

Η διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε υδάτινους αποδέκτες αλλά και στο έδαφος έχει δημιουργήσει αρκετά προβλήματα ρύπανσης και έχουν γίνει πολλές μελέτες για τις επιπτώσεις του στους οργανισμούς που ζουν στο νερό και στο έδαφος ή στις καλλιέργειες στα εδάφη αυτά. Στα προβλήματα αυτά έρχονται να προστεθούν και προβλήματα δυσσομίας και οπτικής ρύπανσης. Η διάθεσή τους μπορεί να καταστρέψει τις ικανότητες αυτοκαθαρισμού των συστημάτων, στα οποία γίνεται η εναπόθεση μεταβάλλοντας τη βιολογική ισορροπία.

2.2.7.1 Οπτική ρύπανση και πρόβλημα δυσσομίας

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα είναι που προκύπτουν από την εναπόθεση του κασίγαρου στο περιβάλλον είναι ο χρωματισμός των φυσικών νερών. Το χρώμα του κασίγαρου οφείλεται στις τανίνες που περιέχονται στο φλοιό του ελαιοκάρπου και στον πολυμερισμό φαινολών χαμηλού μοριακού βάρους.

Οι τανίνες δεν αποτελούν κίνδυνο για τους ανθρώπους, τα ζώα ή τα φυτά, αλλά δημιουργούν οπτική ρύπανση, όταν τα απόβλητα διοχετεύονται σε ποτάμια, χείμαρρους, αγρούς, αφού έχουν την ικανότητα να βάφουν το χώμα, σχεδόν ανεξίτηλα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση στο ποτάμι Γκουανταλκιβίρ που διασχίζει την Ανδαλουσία όπου παράγεται και η μεγαλύτερη ποσότητα ελαιολάδου στην Ισπανία. Για αρκετά χρόνια, ο κασίγαρος διοχετευόταν ανεξέλεγκτα εκεί, με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο ποτάμι να αποκαλείται το μαύρο ποτάμι.

2.2.7.2 Επίδραση στην ποιότητα του εδάφους

Η ποιότητα του εδάφους επηρεάζεται από τον κασίγαρο ο οποίος αποτελείται από φαινόλες, οξέα, μέταλλα και οργανικές ουσίες. Αυτό θα μπορούσε να ανατρέψει την ισορροπία των μικροοργανισμών του εδάφους κι επομένως να επηρεάσει τη γονιμότητα του. Έχουν γίνει πολλές έρευνες οι οποίες αφορούν την επίδραση του κασίγαρου στους μικροοργανισμούς του εδάφους και στον εμπλουτισμό του ή όχι σε θρεπτικά συστατικά.

Με βάση ορισμένες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχει παρατηρηθεί ότι ο κασίγαρος έχει αντιβακτηριδιακή δράση, ειδικά απέναντι σε βακτήρια που δημιουργούν

σπόρια. Όταν οι συγκεντρώσεις είναι μικρές προκαλείται αύξηση του πληθυσμού των μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια) πράγμα που υποδηλώνει έντονη βιοαποικοδόμηση, σε μεγάλες όμως συγκεντρώσεις, παρατηρήθηκαν μειώσεις σε πληθυσμούς συγκεκριμένων ειδών μυκήτων οι οποίοι είναι πολύ συχνοί στο έδαφος, ενώ αντίθετα, κάποιοι άλλοι οι οποίοι συναντώνται και στον κατσίγαρο πολλαπλασιάστηκαν με μεγάλο ρυθμό.

Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε διατάραξη της ισορροπίας της μικροβιακής χλωρίδας του εδάφους. Μετρήσεις που έγιναν σε φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εδάφους που είχε κατεργαστεί με κατσίγαρο έδειξαν αυξημένη αγωγιμότητα που δεν αντιστρεφόταν κατά τη χρονική διάρκεια των πειραμάτων, αυξημένες συγκεντρώσεις Na, K, Mg που αρχικά φαίνεται θετικό στοιχείο γιατί οδηγεί σε αυξημένη γονιμότητα εδάφους αλλά μακροπρόθεσμα μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις γιατί μπορεί να οδηγήσει σε αντικατάσταση του Ca του εδάφους από αυτά τα κατιόντα.

2.2.7.3 Επίδραση στα φυτά

Φαινόμενα φυτοτοξικότητας έχουν παρατηρηθεί λόγω των φαινολικών ενώσεων και των οργανικών οξέων όπως οξικό και φορμικό οξύ που περιέχονται στα απόβλητα των ελαιουργείων. Ο κατσίγαρος εμποδίζει τη βλάστηση διάφορων σπόρων και την ανάπτυξη διαφόρων φυτών. Έχει επίσης παρουσιαστεί ότι η άμεση εφαρμογή ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων ελαιουργείων σε φυτά προκαλεί την πτώση των φύλλων και καρπών του φυτού. Στην πραγματικότητα τα συστατικά αυτά, δρουν με τέτοιο τρόπο, όταν βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις, όταν δηλαδή γίνεται ανεξέλεγκτη απόθεση τους σε αγρούς, και όταν τα φυτά που αναπτύσσονται στα σημεία αυτά βρίσκονται σε βλαστικό στάδιο.

Σε χαμηλές όμως συγκεντρώσεις, δεν αποτελούν κίνδυνο για τα φυτά και γι' αυτό άλλωστε τα τελευταία χρόνια, γίνεται προσπάθεια χρησιμοποίησης των αποβλήτων αυτών σαν λίπασμα χωρίς να έχουν προηγουμένα υποστεί ιδιαίτερη επεξεργασία που να αλλοιώνει τη σύστασή τους.

2.2.7.4 Είδος ρύπανσης από τη διάθεση των υγρών αποβλήτων στα οικοσυστήματα

Αν ανατρέξουμε στη διεθνή βιβλιογραφία θα παρατηρήσουμε ότι οι επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτινων οικοσυστημάτων ακολουθούν μερικούς βασικούς κανόνες. Εάν πρόκειται για οργανική ρύπανση, δηλαδή για οργανικά φορτία που μπορούν να

αποικοδομηθούν μέσα στο νερό, παρατηρείται κατ' αρχήν μια αισθητή μείωση του αριθμού των ειδών και της αφθονίας τους, αφού όλα τα ευαίσθητα στη ρύπανση είδη πεθαίνουν.

Στη συνέχεια, όταν το οργανικό φορτίο μειώνεται, η λάσπη η οποία έχει συγκεντρωθεί στο πυθμένα των υδάτινων οικοσυστημάτων από την αποκόμιση των οργανικών ουσιών, ευνοεί την αύξηση των αφθονιών ορισμένων μόνο ζωικών ειδών. Εάν πρόκειται για χημική ρύπανση, παρατηρείται επίσης μια μείωση του αριθμού των ζωικών ειδών και της αφθονίας τους, όπως συμβαίνει και με την οργανική ρύπανση. Είναι όμως πιθανόν είδη που απομακρύνονται λόγω οργανικής ρύπανσης, να μην απομακρύνονται λόγω της χημικής ρύπανσης. Στη συνέχεια όταν το τοξικό φορτίο που προκαλεί τη χημική ρύπανση αραιώνεται, δεν παρατηρείται αύξηση της αφθονίας ορισμένων ζωικών ειδών, όπως συμβαίνει στην οργανική ρύπανση, διότι δεν έχει συγκεντρωθεί οργανική λάσπη.

Εάν τέλος πρόκειται για συνδυασμό οργανικής και χημικής ρύπανσης, παρατηρείται και εδώ κατ' αρχήν, μια μείωση του αριθμού και της αφθονίας των ζωικών ειδών. Στη συνέχεια παρ' όλο που το μείγμα αραιώνεται, δεν παρατηρείται αύξηση της αφθονίας ορισμένων ζωικών ειδών, όπως συμβαίνει με την οργανική ρύπανση. Και τούτο διότι ενώ έχει συγκεντρωθεί οργανική λάσπη, δεν μπορεί αυτή να χρησιμοποιηθεί από τους ζωικούς οργανισμούς λόγω των περιεχομένων τοξικών ουσιών. Στην περίπτωση όμως που οι τοξικές ουσίες είναι οργανικής προέλευσης (όπως είναι οι φαινόλες), είναι πιθανόν με την αραιώσή τους, η πορεία των επιπτώσεων να ακολουθεί πλέον αυτή της οργανικής ρύπανσης.

2.2.8 Διαχείριση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου

Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων κατατάσσονται στα πολύ τοξικά γεωργοβιομηχανικά απόβλητα, λόγω του υψηλού ρυπαντικού τους φορτίου. Η ρύπανση που προκαλείται στο έδαφος και η επιβάρυνση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στις ελαιοπαραγωγές περιοχές της Μεσογείου είναι αρκετά μεγάλη. Σύμφωνα με στοιχεία (Κυριτσάκης, 2007):

- το 58% περίπου των λυμάτων διοχετεύεται σε ρέματα, τα οποία συνήθως
- καταλήγουν σε υπόγεια ύδατα
- το 20% διοχετεύεται στο έδαφος
- το 12% διοχετεύεται στη θάλασσα και στα ποτάμια
- το 10% διοχετεύεται σε βυτία, δεξαμενές εξάτμισης κ.α.

Η ανάγκη για καθαρό περιβάλλον, καθίσταται ολοένα και πιο επιτακτική. Το γεγονός αυτό επιβάλλει την άμεση εξεύρεση λύσης για την αποτελεσματική διαχείριση των λυμάτων ελαιοτριβείου.

Η επεξεργασία των λυμάτων ελαιοτριβείου πραγματοποιείται με τη χρήση φυσικοχημικών και βιολογικών μεθόδων.

Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις πέρα από την επεξεργασία των υγρών λυμάτων καθίσταται δυνατή και η παράλληλη αξιοποίησή τους για παραγωγή χρήσιμων προϊόντων όπως:

- i) σκευασμάτων που περιέχουν ενώσεις, οι οποίες είναι γνωστές για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες (Le Tutour and Gudon, 1992; Pueli et al., 2004; Skerget et al., 2004)
- ii) βελτιωτικών εδάφους ή λιπασμάτων (Φλουρή κ.α., 1994)
- iii) βιοπολυμερών (Ramos-Cormenzana et al., 1995)
- iv) ζωοτροφών (Κυριτσάκης, 2007) και
- v) βιοαερίου (Gelegenis et al., 2007). Με τον τρόπο αυτό εξισορροπείται ως ένα βαθμό το υψηλό κόστος που απαιτείται για την επεξεργασία των λυμάτων.



Εικόνα 9: Σειράδι από φύλλα ελιάς που πρόκειται να χρησιμοποιηθούνε για εμπλουτισμό και παρασκευή κομποστοποιημένου οργανικού λιπάσματος.

Τα φύλλα ελιάς που συγκεντρώνονται στα ελαιουργεία αποτελούν πολύ καλή πρώτη ύλη για την παρασκευή compost. Τα φύλλα μπορούν να κομποστοποιηθούν εύκολα, χωρίς

την ανάμιξή τους με άλλα υλικά ή την προσθήκη N, λόγω της κοκκομετρίας τους και της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε N (1,5%).

Από την άλλη έχει παρατηρηθεί ότι αποτελούν πολύ καλό διογκωτικό υλικό για τη συν-κομποστοποίηση της ιλύος ή της κοπριάς διαφόρων ζώων. Επίσης μπορούν να συν-κομποστοποιηθούν και με τον κασίγαρο, γεγονός που τα κάνει ιδιαίτερα χρήσιμα στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος των υπολειμμάτων της καλλιέργειας και αξιοποίησης των υποπροϊόντων της ελαιοκαλλιέργειας.

Η πλειονότητα των φύλλων ελιάς χρησιμοποιείται στην εκτροφή αιγοπροβάτων, γεγονός που λειτουργεί ανταγωνιστικά προς την κομποστοποίηση. Η άμεση αξιοποίηση στην εκτροφή αποτελεί την καλύτερη και πλέον ενδεδειγμένη χρήση.

2.3 Κτηνοτροφικά Απόβλητα

2.3.1 Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων

Κατά την διατήρηση των αγροτικών ζώων μέσα στους στάβλους παράγονται υγρά ή στερεά απόβλητα, αποτέλεσμα του μεταβολισμού των τροφών που παρέχονται σε αυτά, αλλά και των διαφυγών κατά την διάρκεια διανομής της τροφής και του νερού, συνήθως μέσα ή κοντά στους χώρους εκτροφής.

Η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων είναι ανάλογη του βαθμού εντατικοποίησης της εκτροφής και της πυκνότητας των εκτρεφόμενων ζώων. Αποτέλεσμα της παραγωγής των αποβλήτων είναι η έκλυση ενοχλητικών οσμών και η μεταφορά προς το περιβάλλον οργανικής και ανόργανης μορφής ρύπων, που μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα του τελικού τους αποδέκτη, υδάτινου ή εδαφικού.

Ως κτηνοτροφικά απόβλητα ορίζουμε γενικότερα τις κοπριές εκτρεφόμενων ζώων, όπως για παράδειγμα κοπριά αγελάδων, κοπριά πουλερικών, κοπριά αιγοπροβάτων, κοπριά και στρωμνή αλόγων, τα υγρά απορρίμματα κτηνοτροφίας (ούρα, υγρά καθαρισμού, κλπ.), καθώς και τα βιομηχανικά απόβλητα ζωικής προέλευσης, όπως τα υπολείμματα σφαγείων, πτηνοτροφείων και τα υπολείμματα ψαριών.

Ενώ απόβλητα από τα χοιροστάσια είναι συνήθως υγρής μορφής και περιλαμβάνουν περιττώματα και ούρα, τα οποία μπορεί να είναι ανακατεμένα με άχυρο στρωμνής, νερά καθαρισμού, υπολείμματα ζωοτροφών αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την τελική ποσότητα

των αποβλήτων. Συγκεκριμένα ο όγκος των παραγόμενων λυμάτων των χοίρων είναι δυνατόν να αυξηθεί 2-5 φορές λόγω του προστιθέμενου νερού καθαρισμού, της διαφυγής υδροδότησης και της βροχής σε ακάλυπτους χώρους. Γενικά τα λύματα χοιροστασίου αποτελούνται από: i) νερό ii) οργανική ουσία iii) θρεπτικά στοιχεία iv) άλατα v) παθογόνους μικροοργανισμούς. (Δ. Γεωργακάκης, 1998)

2.3.2 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Κτηνοτροφικών Αποβλήτων

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, ποσοστό μεγαλύτερο του 70% είναι οργανικής σύστασης. Η οργανική ουσία προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις ζωοτροφές που δεν αφομοιώθηκαν κατά την διέλευσή τους από το πεπτικό σύστημα των ζώων και κατά μικρότερο μέρος από τις ζωοτροφές που παρασύρθηκαν ή διασκορπίστηκαν μέσα στα αποχετευτικά κανάλια.

Συνέπεια της προέλευσης αυτής είναι ο εμπλουτισμός τους με μικροοργανισμούς, κύρια μεθανοβακτήρια από το πεπτικό σύστημα των ζώων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί βρίσκουν άφθονο οργανικό υπόστρωμα και αναπτύσσονται σε μεγάλο ή μικρό βαθμό ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος κύρια, θερμοκρασίας και pH. Προϊόντα της ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το υδρόθειο, η αμμωνία, το μεθάνιο και διάφορες άλλες δύσοσμες ουσίες. Τα εκλυόμενα αυτά προϊόντα είναι οι γνωστές μας δυσάρεστες οσμές και προκαλούν ανεπιθύμητες καταστάσεις διάφορης έντασης στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στον αποδέκτη. Η ένταση των οσμών αυτών εξαρτάται από τις συνθήκες διατήρησης των αποβλήτων. Ο δε όγκος των αποβλήτων εξαρτάται από το είδος και την ηλικία ή το βάρος των ζώων, καθώς επίσης και από το σύστημα διατροφής.

Ο τελικός όγκος, όμως των αποβλήτων που προκύπτει είναι μεγαλύτερος λόγω της αραίωσης τους με νερό από πλυσίματα των χώρων, βροχοπτώσεις ή και διαρροών καθώς επίσης από την προσθήκη στρωμνής (άχυρο, υπολείμματα ζωοτροφών, τρίχες κλπ). Το χαρακτηριστικό αυτό των αποβλήτων έχει οικονομικό αντίκτυπο στο χειρισμό και στο σχεδιασμό της επεξεργασίας τους και αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος για κάθε μονάδα οπότε και πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση. Με βάση τη σχέση νερού και στερεών συστατικών τα κτηνοτροφικά απόβλητα μπορούν να θεωρηθούν στερεής, ημιστερεής, ημίρρευστης και υγρής μορφής.

Στερεά : Περιέχουν υγρασία λιγότερη από 80 % ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) περισσότερα

από 20%. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται: τα κοπριά αιγοπροβάτων και πτηνών, τα κόπρια βουστασίων και χοιροστασίων αναμιγμένα με στρωμνή.

Ημιστερεά : Με υγρασία 80-85% ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) περισσότερα από 15- 20%. Αυτή τη μορφή έχουν: τα στερεά απόβλητα των βουστασίων, τα στερεά διαχωρισμού (με κόσκικα) υγρών αποβλήτων χοιροστασίων, τα στερεά της προηγούμενης μορφής εμπλουτισμένα με νερό (κύρια βροχής) — Ημίρρευστα: Με υγρασία 85-90% ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) περισσότερα από 5- 15%. Αυτή τη μορφή έχουν: ο Απόβλητα χοιροστασίων και βουστασίων όπως παράγονται από τα ζώα (κοπριά και ούρα) τα απόβλητα των χοιροστασίων όπως βγαίνουν από τους στάβλους μετά από την αραίωσή τους με νερά πλύσεως.

Υγρά : Με υγρασία πάνω από 95% ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) λιγότερα από 5%. Αυτή τη μορφή έχουν : α) τα υγρά απόβλητα των χοιροστασίων όπως βγαίνουν από τους στάβλους (συμπεριλαμβανομένων των νερών πλυσίματος και βροχής), β) τα υγρά που προέρχονται από την στράγγιση των κοπροσωρών (χοιροστασίων και βουστασίων), γ) τα υγρά τα προερχόμενα από τα συστήματα με προορισμό τον τελικό αποδέκτη.

Ο τρόπος λοιπόν παραγωγής των αποβλήτων επιτρέπει τον χειρισμό τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η πλήρης αξιοποίηση τους με ανακύκλωση των τελικών υγρών και στερεών στο έδαφος για λίπανση – άρδευση αυτοφυών ή καλλιεργούμενων φυτών μετά από επαρκή αποθήκευση και επεξεργασία σε ειδικές προς τούτο εγκαταστάσεις.

Επιτρέπει κατ' επέκταση την εφαρμογή της αειφορικής ανάπτυξης την οποία προωθεί τελευταία η Ευρωπαϊκή Ένωση και η οποία εφόσον γίνει δυνατό να γενικευθεί και σε άλλους τομείς της παραγωγής μπορεί να δώσει διέξοδο στα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα της ανθρωπότητας συνδυάζοντας συνέχιση της ανάπτυξης με την προστασία του περιβάλλοντος.

Προϋπόθεση για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η διαχείριση των αποβλήτων με τέτοιο τρόπο, που να μην προκαλούνται ενοχλήσεις ή αντιαισθητικές καταστάσεις στην περιοχή λειτουργίας των μονάδων αυτών. Η χωροταξική κατανομή κτηνοτροφικών μονάδων, με τέτοιες προδιαγραφές, μέσα ή γύρω από καλλιεργούμενες εκτάσεις, θα προωθούσε την υποκατάσταση των χημικών λιπασμάτων, το οποίο είναι προς το συμφέρον των αγροτών γιατί θα έχουν όφελος από την αύξηση της γονιμότητας των εδαφών τους, αντίστοιχη μείωση της δαπάνης αγοράς των χημικών λιπασμάτων και φυσικά την διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Επιπτώσεις στο Περιβάλλον από τη Διάθεση των Κτηνοτροφικών Αποβλήτων Οι

ζωντανοί οργανισμοί βρίσκονται σε συνεχή επαφή με το φυσικό τους περιβάλλον, από το οποίο προσλαμβάνουν τις πρώτες ύλες (τροφές κλπ) και στο οποίο αποδίδουν ότι δεν τους χρειάζεται. Ο όρος περιβάλλον περιλαμβάνει, το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες.

Ο άνθρωπος είναι εκείνος που κατάφερε τα τελευταία χρόνια να διαταράξει με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό, τις λεπτές αυτές ισορροπίες στη φύση με τις κάθε είδους δραστηριότητές του προκαλώντας σε μεγάλο ή μικρό βαθμό υποβάθμιση του περιβάλλοντος του. Όπως κάθε οργανισμός, έτσι και ο άνθρωπος, πάντοτε ρύπαινε και μόλυνε το περιβάλλον με τα υποπροϊόντα των δραστηριοτήτων τους. Τη ρύπανση αυτή όμως ήταν σε θέση να αντιμετωπίσουν τα οικοσυστήματα μέσω των ομοιοστατικών μηχανισμών που διαθέτουν.

Από τη στιγμή όμως που οι δραστηριότητες του ανθρώπου απέκτησαν εντατικό χαρακτήρα, η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων άχρηστων υλικών ή υποπροϊόντων σε μικρό χώρο δημιούργησε τα προβλήματα ρύπανσης, που είναι εντονότερα, όσο εντονότερες και πιο συγκεντρωμένες είναι οι δραστηριότητες αυτές. Μέσα σε αυτές τις δραστηριότητες υπάγεται και η κτηνοτροφική παραγωγή που τις τελευταίες δεκαετίες απέκτησε έντονα επιχειρηματική μορφή με συγκέντρωση μεγάλου αριθμού ζώων σε μικρό χώρο.

Συνέπεια αυτής της εντατικοποίησης είναι η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων, οργανικής όπως ειπώθηκε προέλευσης, γύρω από τις μονάδες και η επιτακτική ανάγκη διάθεσής τους στο γύρω περιβάλλον. Το μεγάλο μέγεθος των αποβλήτων ξεπέρασε τις δυνατότητες των οικοσυστημάτων να αντεπεξέλθουν και προκλήθηκε υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Το πρόβλημα σε ορισμένες περιοχές γίνεται εντονότερο με την προσθήκη αποβλήτων κι από άλλες δραστηριότητες.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται σε μια περιοχή από την διάθεση κτηνοτροφικών αποβλήτων (κοπριά, ούρα, νερό πλυσίματος χώρων, υπολείμματα ζωοτροφών, νερά βροχής σε ακάλυπτους χώρους διακίνησης των ζώων) οφείλονται στην προκαλούμενη μόλυνση και ρύπανση.

Ο σωστός χειρισμός των αποβλήτων τους αδρανοποιεί ή και τους καταστρέφει σε μεγάλο βαθμό. Ο κίνδυνος της μόλυνσης επιπλέον μπορεί να αντιμετωπισθεί στην πράξη με φυσική ή χημική απολύμανση. Ως φυσική απολύμανση ορίζεται η εφαρμογή φυσικών

μεθόδων όπως αερισμός, υψηλές θερμοκρασίες και παρατεταμένος χρόνος παραμονής των αποβλήτων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους.

Σε πολλές περιπτώσεις που ο τελικός αποδέκτης είναι υδάτινος, η φυσική απολύμανση είναι απαραίτητο να συμπληρώνεται με χημική απολύμανση. Ρύπανση : Στην οποία υπάγονται η αισθητική υποβάθμιση, η έλκυση δυσοσμίας και η ανόργανη και οργανική ρύπανση. Η αισθητική υποβάθμιση αφορά την εμφάνιση των χώρων μέσα και γύρω από τις κτηνοτροφικές μονάδες.

Πεταμένα αντικείμενα ή ψόφια ζώα και διασκορπισμένα εδώ και εκεί υγρά ή στερεά απόβλητα , αποτέλεσμα κακού χειρισμού ή ανεπάρκειας ή βλάβης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας προδιαθέτουν άσχημα τον επισκέπτη ή τον γείτονα και επισύρουν ευκολότερα διαμαρτυρίες και ενοχλήσεις.

Η έκλυση δυσοσμίας είναι από τις συνηθέστερες αιτίες προστριβών με τους περίοικους και παρά το ότι τα αέρια που εκλύονται δεν προκαλούν ασθένειες, η ενόχληση που προκαλούν είναι ανάλογη της συγκέντρωσής τους. Σε εξαιρετικά ακραίες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει μέχρι και στον θάνατο ανθρώπων και ζώων. Γίνεται με αυτό τον τρόπο κατανοητό ότι κατά την επιλογή της θέσης της μελλοντικής μονάδας και του χώρου διάθεσης των επεξεργασμένων αποβλήτων θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν η κατεύθυνση των επικρατούντων ανέμων στην περιοχή, το ανάγλυφο του εδάφους και η ιδιαιτερότητα των προσκείμενων κατοικημένων περιοχών.

Η ανόργανη ρύπανση προκαλείται από τα διάφορα ανόργανα στοιχεία των αποβλήτων .Κατά σειρά σπουδαιότητας τα συστατικά αυτά είναι το άζωτο, ο φωσφόρος, το κάλιο και ακολουθούν τα άλατα ασβεστίου, μαγνησίου και νατρίου και τέλος τα βαρέα μέταλλα χαλκού, σιδήρου, μαγγανίου, ψευδαργύρου και άλλων. Η κύρια επίπτωση αυτών είναι η εμφάνιση ευτροφισμού σε στάσιμα νερά. Επίσης μπορεί να προκληθεί αύξηση της αλατότητας στα νερά ή στο έδαφος καθώς επίσης και η εμφάνιση τοξικότητας από υπερβολική συγκέντρωση ορισμένων συστατικών π.χ. αμμωνίας.

Τέλος, η οργανική ρύπανση αφορά στη διάθεση οργανικών ουσιών στον αποδέκτη, συνέπεια της οποίας είναι η ανάπτυξη κατά προτεραιότητα αερόβιων μικροοργανισμών που ενυπάρχουν σε αυτά ή στον αποδέκτη με ρυθμό ανάλογο με την ποσότητα της οργανικής ύλης και το βαθμό βιοαποικοδομησιμότητάς της. Συνέπεια αυτής της ανάπτυξης είναι η κατανάλωση του οξυγόνου του αποδέκτη σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από λίγες ώρες, έως λίγες εβδομάδες. Ο βαθμός μείωσης τελικά του διαθέσιμου οξυγόνου

στον αποδέκτη, εξαρτάται από τον ρυθμό αναπλήρωσης του σε αυτόν. Συνεπώς αν ο ρυθμός κατανάλωσης υπερέχει σε σχέση με τον ρυθμό αναπλήρωσης, όπως συνήθως συμβαίνει στους υδάτινους αποδέκτες, τότε γρήγορα δημιουργείται έλλειψη οξυγόνου και θάνατος των αερόβιων οργανισμών από ασφυξία.

3 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν

Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας, στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες ήταν τα ακόλουθα:

- Νωπή κοπριά από κτηνοτροφικά απόβλητα βοοειδών. Παραχωρήθηκε ποσότητα 400lt από τη Φάρμα «ΦΟΡΤΕΤΣΑΝΑΚΗΣ» από τον Άγιο Θωμά Ηρακλείου.
- Νωπή κοπριά από κτηνοτροφικά απόβλητα χοίρων. Παραχωρήθηκε ποσότητα 400lt από την Εταιρεία «Creta Farms» από τον Ρέθυμνο.
- Νωπά φύλλα ελιάς. Παραχωρήθηκε ποσότητα 400lt από ελαιοτριβείο της Ένωσης Πεζών.

Οι πρώτες ύλες τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές από σκυρόδεμα. Οι συγκεκριμένες τρεις (3) δεξαμενές είναι κατασκευασμένες από σκυρόδεμα, εντός του θερμοκηπίου ηλιακής ξήρανσης του ΤΕΙ Κρήτης. Είναι διαστάσεων περίπου 2.50m x 1.30m, με πάχος τοιχίων περιμετρικά περίπου 15cm, ώστε να αποφεύγονται διαρροές του κασίγαρου και συνεπώς, απώλειες θρεπτικών. Επίσης, στις δεξαμενές αυτές επιτυγχάνεται καλύτερη ανάδευση και ταχύτερη ξήρανση των υλικών, σε κάθε περίπτωση.



Εικόνα 10: Εξωτερικός χώρος θερμοκηπίου ξήρανσης, πρόσοψη (αριστερά) & δεξαμενές αποθήκευσης κασίγαρου (δεξιά)

3.1.1 Νωπή κοπριά βοοειδών

Αρχικά, έγινε τοποθέτηση της νωπής κοπριάς των βοοειδών στη τσιμεντένια δεξαμενή. Κατά τη διαδικασία της ξήρανσης γινόταν εμπλουτισμός της με σημαντικές ποσότητες υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Η διαδικασία γινόταν σε καθημερινή βάση με σκοπό το υλικό να μπορεί να δεχθεί και να απορροφήσει στο σύνολο της διαδικασίας όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ποσότητες κατσίγαρου. Η ανάδευση γινόταν με φτυάρια, χειρονακτικά, ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερη ομοιογένεια σε όλη την έκταση της δεξαμενής του μίγματος. Τις ημέρες του καλοκαιριού που οι θερμοκρασίες που επικρατούσαν ήταν υψηλότερες και το μείγμα έχανε περισσότερη υγρασία γινόταν εμπλουτισμός με μεγαλύτερες ποσότητες κατσίγαρου, συγκριτικά με τους χειμερινούς μήνες. Στις φωτογραφίες ακολούθως παρουσιάζεται η πορεία υλοποίησης της ηλιακής ξήρανσης από την αρχή, με την τοποθέτηση της νωπής κοπριάς εντός της δεξαμενής και την προσθήκη κατσίγαρου, μέχρι και την τελική μορφή που είχε το παραγόμενο από τη διαδικασία προϊόν.





Εικόνα 11: Κοπριά βοοειδών – πορεία ηλιακής ξήρανσης με προσθήκη κατσίγαρου

3.1.2 Νωπή κοπριά χοίρων

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και στην περίπτωση της κοπριάς των χοίρων. Κατά τη διαδικασία της ξήρανσης γινόταν εμπλουτισμός του υλικού με σημαντικές ποσότητες υγρών αποβλήτων ελαιουργείου. Η διαδικασία επίσης γινόταν σε καθημερινή βάση με σκοπό το υλικό να μπορεί να δεχθεί και να απορροφήσει στο σύνολο της διαδικασίας όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ποσότητες κατσίγαρου, αλλά και σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες. Στις φωτογραφίες ακολούθως παρουσιάζεται η πορεία υλοποίησης της ηλιακής ξήρανσης από την αρχή, με την τοποθέτηση της νωπής κοπριάς εντός της δεξαμενής και την προσθήκη κατσίγαρου, μέχρι και την τελική μορφή που είχε το παραγόμενο από τη διαδικασία προϊόν.





Εικόνα 12: Κοπριά χοίρων - – πορεία ηλιακής ξήρανσης με προσθήκη κασίγαρου

3.1.3 Φύλλα Ελιάς

Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι τα φύλλα ελιάς περιέχουν σημαντικές ποσότητες σε Άζωτο και Ασβέστιο καθώς και αρκετά χρήσιμα ιχνοστοιχεία όπως, το Βόριο, άκρως απαραίτητα για την ελιά. Τα στοιχεία αυτά αποδίδονται με αργό ρυθμό για αρκετά χρόνια

από τη στιγμή που αυτά εφαρμοστούν στο έδαφος. Ειδικότερα αξίζει να σημειωθεί ότι η ύπαρξη Ασβεστίου σε ποσοστό 5-6% βοηθά στην αφομοίωση των ανόργανων υλικών κυρίως σε όξινα εδάφη. Ενδεικτικά αναφέρεται η περιεκτικότητα των ανωτέρω στοιχείων στα φύλλα:

Άζωτο: 2.8-3%

Φώσφορος: 0,25%

Κάλιο: 0,25%

Μαγνήσιο: 1,24%

Ασβέστιο: 5-6%

Όμοια με τις παραπάνω περιπτώσεις, τα φύλλα ελιάς αφού ογκομετρήθηκαν, τοποθετήθηκαν εντός της δεξαμενής ηλιακής ξήρανσης. Στις φωτογραφίες ακολούθως παρουσιάζεται η πορεία υλοποίησης της ηλιακής ξήρανσης από την αρχή, με την τοποθέτηση της νωπής κοπριάς εντός της δεξαμενής και την προσθήκη κατσίγαρου, μέχρι και την τελική μορφή που είχε το παραγόμενο από τη διαδικασία προϊόν.





Εικόνα 13: Φύλλα ελιάς – πορεία ηλιακής ξήρανσης με προσθήκη κατσίγαρου

3.2 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν ο παρακάτω :

1. Φτυάρια για την χειρονακτική ανάδευση των αποβλήτων του πειράματος,
2. Κουβάδες για την μεταφορά και συμπλήρωση με απόβλητα των λεκανών ξήρανσης
3. Μεταλλική σέσουλα συμπλήρωσης υλικού,
4. Υποβρύχια αντλία λυμάτων.
5. Κουβάς 5 lt για ογκομέτρηση και ζύγιση υλικών για τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους αυτών.
6. Ζυγός για μέτρηση βάρους των υλικών
7. Κανάτες με μεζούρα ένδειξης ml για συμπλήρωση και ογκομέτρηση του κατσίγαρου που προστίθονται κάθε φορά.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος από την 10 τόνων πλαστική μαύρη δεξαμενή αποθήκευσης κατσίγαρου, ογκομετρούσαμε και προσθέταμε κατσίγαρο στις λεκάνες ξήρανσης. Ο αρχικός όγκος της νωπής κοπριάς σε κάθε περίπτωση ήταν τόσος ώστε το πάχος αυτού να είναι στα 15cm. Σε καθημερινή βάση γινόταν ανάδευση των μιγμάτων χειρονακτικά, προκειμένου να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν καλύτερη ομογενοποίηση των υλικών. Η προσθήκη του κατσίγαρου (σε συχνότητα και ποσότητα) δεν ήταν σταθερή, αλλά

προσαρμοζόταν ανάλογα με το υλικό και τις καιρικές συνθήκες. Σημειώνεται ότι, τα κτηνοτροφικά υπολείμματα δέχτηκαν μεγαλύτερες ποσότητες κατσίγαρου σε σχέση με τα φύλλα ελιάς. Επίσης, οι καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία) καθόριζαν τις ανάγκες για την ποσότητα του κατσίγαρου που έπρεπε σε κάθε περίπτωση να προστίθεται. Στις φωτογραφίες ακολούθως παρουσιάζεται η πορεία υλοποίησης της ηλιακής ξήρανσης από την αρχή, με την τοποθέτηση των φύλλων ελιάς εντός της δεξαμενής και την προσθήκη κατσίγαρου, μέχρι και την τελική μορφή που είχε το παραγόμενο από τη διαδικασία προϊόν.



Εικόνα 14: Εξοπλισμός και εσωτερική άποψη του θερμοκηπίου ηλιακής ξήρανσης του ΤΕΙ Κρήτης

3.3 Φυσικοχημικές παράμετροι που εξετάστηκαν



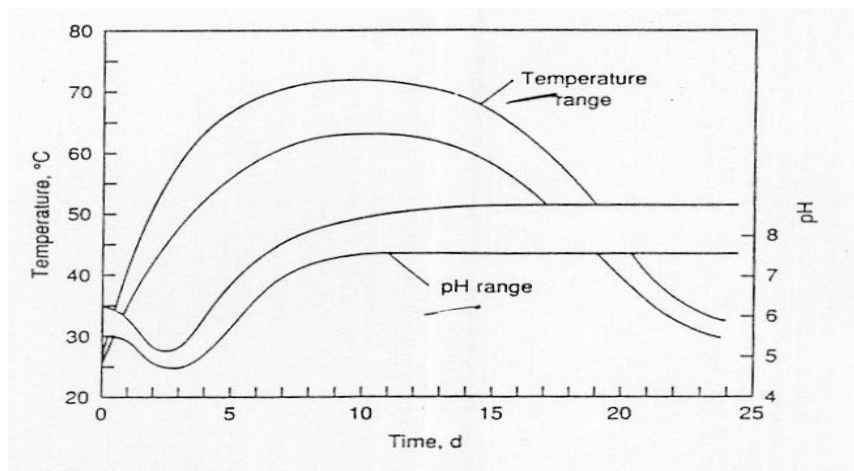
Εικόνα 15: Κατά την εργαστηριακή επεξεργασία των δειγμάτων.

3.3.1 Προσδιορισμός οξύτητας (pH) και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)

Ένας παράγοντας που επηρεάζει άμεσα την αποδόμηση του υλικού είναι το pH του, δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής, δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού καθώς με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελευθέρωσης αμμωνίας και κατά συνέπεια καλύπτεται αυτή η ανάγκη από την ίδια τη διαδικασία στο Διάγραμμα 3-1 (Μανιός, 2009).

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει άμεσα την αποδόμηση του υλικού είναι το pH του, δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής, δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού καθώς με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελευθέρωσης αμμωνίας και κατά συνέπεια καλύπτεται αυτή η ανάγκη

από την ίδια τη διαδικασία στο Διάγραμμα 2-1 (Μανιός, 2009).



Διάγραμμα 3-1 Τυπικές τιμές θερμοκρασίας και pH που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Πολλούς ερευνητές, σε διάφορες εποχές απασχόλησε το θέμα του pH των υλικών, που προορίζονται για composting, σχετικά με τη σκοπιμότητα επεμβάσεως και αλλαγής του, δεδομένου ότι η επίδραση του pH, όπως είναι γνωστό, στην ανάπτυξη των διαφόρων κατηγοριών μικροοργανισμών είναι καθοριστική.

Συνήθως, κατά την έναρξη της διαδικασίας της κομποστοποίησης, η τιμή του pH παρουσιάζει μια αύξηση, η οποία συμπίπτει και με ταυτόχρονη αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού, η οποία και υποδηλώνει αυξημένη μικροβιακή δραστηριότητα (Tiquia, 2005). Η μεγάλη αυτή μικροβιακή δραστηριότητα συμβάλει σε αυξημένη παραγωγή NH_3 , λόγω της ανοργανοποίησης του οργανικού αζώτου (Eklind and Kirchmann, 2000b). Η αυξημένη αυτή παραγωγή της αμμωνίας οδηγεί και σε αύξηση του pH. Στη συνέχεια της κομποστοποίησης, ακολουθεί μείωση της τιμής του pH, που οφείλεται στον σχηματισμό νιτρικών αλάτων, εξαιτίας της απελευθέρωσης H^+ κατά την νιτροποίηση που λαμβάνει χώρα με τη μικροβιακή δραστηριότητα (Eklind and Kirchmann, 2000b).

Κατά την έναρξη της διαδικασίας της κομποστοποίησης – οξίνιση – έκλυση NH_3N και αύξηση του pH. Η προσθήκη ανόργανης ύλης συμβάλει στην αύξηση του pH

Σύμφωνα με τους Lasaridi and Stendiford, (1998) οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν ακολουθούν ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Μερικές φορές οι τιμές της αυξάνονται με το χρόνο (Garcia et al., 1991; Grebus et al., 1994).

4ms/cm είναι το ανώτατο όριο εφαρμογής του κομπόστ σε φυτά, ενώ παρατηρείται αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας καθώς προχωράει η διαδικασία της κομποστοποίησης (Μανιός, 2001). Έχει παρατηρηθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η καμπύλη της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ταυτίζεται με αυτή των νιτρικών.

Με την αγωγιμότητα (E.C.) εκφράζεται η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό μας ή στο υπόστρωμα μας. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν αποτελεί μειονέκτημα για τη διαδικασία του Composting αλλά απαιτεί, ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ποσότητα που θα εφαρμοστεί κατά στρέμμα ή ως προς την αναλογία συμμετοχής του στην παρασκευή υποστρωμάτων.

Οι τιμές, τόσο του pH, όσο και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) προσδιορίζονται στο εκχύλισμα πάστας (κορεσμένου δείγματος) με χρήση πεχάμετρου (Crison, GLP 21) και αγωγιμόμετρου (Crison, 525), αντίστοιχα.

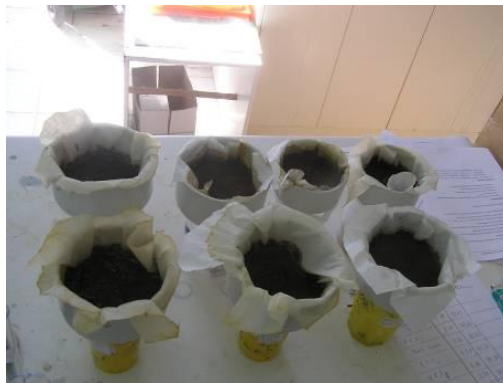
Προετοιμασία δειγμάτων (Διήθηση) για προσδιορισμό pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Η προετοιμασία των δειγμάτων έγινε με την τεχνική με νερό σε αναλογία 1:1½, ως ακολούθως (Μανιός Θ., 2009):

- Αρχικά, προστίθεται νερό στο υπόστρωμα (νωπό υλικό), προκειμένου να έρθει μακροσκοπικά η υγρασία του σε $rF=1,5$ (εμπειρικά), δηλαδή να έρθει το δείγμα σε κατάσταση κορεσμού.
- Στη συνέχεια, οι δύο κύλινδροι που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή τοποθετούνται στη βάση τους, οπότε γεμίζουμε τον κάτω (μικρό κύλινδρο) και ακολούθως τον επάνω, μέχρι τη μέση (μεγάλο κύλινδρο).
- Τοποθετείται βαρίδιο (βάρους 1.385g) εντός των κυλίνδρων και στη συνέχεια κόβουμε με μαχαίρι τον κάτω κύλινδρο και αδειάζουμε το εσωτερικό του σε πλαστικό ποτήρι.
- Προσθέτουμε 120mL απιονισμένο νερό (αναλογία 1:1½ κατ' όγκο) και ανακατεύουμε επί 15 min . Αφήνουμε το δείγμα μέσα στο νερό για 2h.
- Τοποθετούμε διηθητικό χαρτί σε χωνί Buchner και διηθούμε.
- Στο διήθημα μετράμε pH και αγωγιμότητα.



Εικόνα 3-16. Εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την επίτευξη κορεσμού των δειγμάτων. Χαρακτηριστικά κάτω κολίνδρου, εσωτ. Διάμετρος 42mm και ύψος 58mm (80cm^3) και βαρίδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων



Εικόνα 3-17. Διήθηση σε χωνί Buchner



Εικόνα 3-18. Πεχόμετρο εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης



Εικόνα 3-19. Αγωγιμόμετρο εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης

3.3.2 Προσδιορισμός αζώτου N κατά Kjeldahl.

Ορισμένη ποσότητα ξηρού δείγματος τοποθετείται στον πυθμένα ενός σωλήνα καύσης. Η οργανική ουσία οξειδώνεται με θειικό οξύ παρουσία καταλύτη, το άζωτο (εκτός από αυτό των νιτρικών) μετατρέπεται ποσοτικά σε αμμωνία και αυτή στη συνέχεια σε θειικό αμμώνιο.



Το θειικό αμμώνιο σε θερμό αλκαλικό περιβάλλον διασπάται και παράγεται αμμωνία, η οποία ψύχεται και διαβιβάζεται σε διάλυμα βορικού οξέος, όπου δεσμεύεται με την μορφή βορικού αμμωνίου. Ακολουθεί ογκομέτρηση με θειικό οξύ. Ο όγκος του προτύπου διαλύματος HCl που καταναλώθηκε μετατρέπεται σε ποσότητα αζώτου. Οι αντιδράσεις παραγωγής και δέσμευσης της αμμωνίας έχουν ως εξής:



Η διαδικασία που ακολουθείται για τον προσδιορισμό του αζώτου κατά Kjeldahl έχει ως ακολούθως (Clesceri et al, 1999; Τσικαλός Π., 1992; <http://biotech.aua.gr/EPEAEK/>)

- Σε αναλυτική ζυγαριά ζυγίζεται συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος (ανάλογα με το υλικό, ακολουθείται ο Πίνακας παρακάτω, με χρήση χαρτιού ζυγίσματος και τοποθετείται στην ειδική κυλινδρική φιάλη της συσκευής, χωρητικότητας 250mL περίπου.
- Στη συνέχεια τοποθετούνται τα εξής αντιδραστήρια:
 - 20mL H₂SO_{4(π)} (το ρίχνουμε στα τοιχώματα της φιάλης και όχι απ' ευθείας στα δείγματα για να μην αφρίσουν) και
 - 2 Kjeltabs

- Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 7 φορές με χρήση δείγματος και 1 φορά χωρίς να τοποθετηθεί δείγμα (blank). Στο τέλος είναι έτοιμες 8 φιάλες.
- Η φιάλη χωρίς δείγμα αποτελεί το «τυφλό» δείγμα.

Πίνακας 3-1. Ποσότητες δειγμάτων ανά τύπο δείγματος

Τύπος Δείγματος	Ποσότητα δείγματος
Χώμα -Λάσπη	1-2 g
Φυτικός ιστός	1-2 g
Κομπόστ	1-5 g

- Στη συνέχεια τοποθετούνται στη συσκευή όπου γίνεται πέψη (ανοίγεται η βρύση, κλείνονται οι φιάλες με τα ειδικά πώματα και ανοίγεται η συσκευή)
- Ρυθμίζεται η θερμοκρασία της συσκευής
- Το πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου που ακολουθείται σύμφωνα με τον Πίνακα παρακάτω.
- Αφού τελειώσει το πρόγραμμα σηκώνουμε τα φιαλίδια χωρίς να απομακρύνουμε τα πώματα και τα τοποθετούμε στην ειδική θέση (θήκες). Αυξάνουμε τη ροή της βρύσης να φύγουν εντελώς οι ατμοί και να κρυώσουν για τουλάχιστον 30min. Οι ατμοί αυτοί είναι πολύ επικίνδυνοι για το αναπνευστικό. Για αυτό το λόγο, το τμήμα αυτό της Kjeldahl βρίσκεται στον απαγωγό. Επίσης, δεν απομακρύνουμε τα πώματα και τα φιαλίδια από τη συσκευή μέχρι να έχουν φύγει όλοι οι ατμοί.
- Στη συνέχεια μεταφερόμαστε στο σύστημα απόσταξης Vapodest, όπου παγιδεύεται το άζωτο με τη μορφή αμμωνίας, μέσα σε βορικό οξύ.
- Προσέχουμε η φιάλη του απιονισμένου νερού και η φιάλη του NaOH 32% να έχουν ικανή ποσότητα για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία.
- Ανοίγουμε τη βρύση.
- Η συσκευή ανοίγει και περιμένουμε την ένδειξη P.
- Εντωμεταξύ, σε ποτήρι ζέσεως των 250mL προσθέτονται 50mL από το διάλυμα του βορικού οξέος και 3-4 σταγόνες δείκτη Kjeldahl και τοποθετείται σε ειδική θέση μέσα στη συσκευή.

- Η κυλινδρική φιάλη με το δείγμα τοποθετείται σε ειδική θέση στη συσκευή.
- Αν η ένδειξη στην οθόνη είναι P, πατάμε το run και ξεκινά το πρόγραμμα.
- Όταν τελειώσει, αν έχει παραμείνει υγρό στη φιάλη, πατάμε empty για να φύγει.
- Τέλος παίρνουμε το ποτήρι και τιτλοδοτούμε με διάλυμα H₂SO₄ 0,05N και καταγράφουμε τον όγκο που καταναλώνεται.
- Απομακρύνουμε την κυλινδρική φιάλη φορώντας γάντι και τοποθετούμε νέο δείγμα και νέο ποτήρι με βορικό.
- Όταν τελειώσουμε με τα δείγματα κλείνουμε τη βρύση.

Πίνακας 3-2. Πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου ανάλογα με τον τύπο δείγματος

Τύπος Δείγματος	Χρόνος (min)	Θερμοκρασία (°C)	Σχόλια
▪ Φυτικός Ιστός	30	120	
▪ Κομπόστ	30	170	
▪ Χώμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο.	45	280	
	90	400	
▪ Χώμα	30	120-150	Για να μη σχηματιστεί αφρός.
▪ Λάσπη	90	420	1 ^ο μέρος οξείδωσης στα 45 min και 2 ^ο μέρος στα επόμενα 45min

Ο υπολογισμός του Αζώτου γίνεται με βάση τις παρακάτω εξισώσεις ανάλογα σε τι μέγεθος επιθυμούμε να εκφράσουμε τη συγκέντρωση:

$$\alpha. \quad \%N = \frac{1,4 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε g}}$$

$$\beta. \quad \text{mgN/L} = \frac{14000 * c * (V - Vb)}{\text{Όγκος δείγματος σε mL}}$$

$$\gamma. \quad \text{mgN/Kg ή ppmN} = \frac{14000 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε g}}$$

όπου:

c : η συγκέντρωση του τιτλοδοτικού διαλύματος σε N

V: ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά την τιτλοδότηση του δείγματος

Vb: ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά τη τιτλοδότηση του τυφλού δείγματος.



α.



β.

Εικόνα 3-20. α. Σύστημα απόσταξης (VaroDest) β. Μηχάνημα πέψης (Συσκευή Kjeldahl Digestion Instrument) εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης

3.3.3 Εκχύλιση Φυτικού Ιστού για προσδιορισμό Καλίου

Για την εκτέλεση του προσδιορισμού ολικών ποσοτήτων των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων (K, Na, P, Ca, Mg και Ιχνοστοιχείων), εκτός του αζώτου, είναι αναγκαία η μετατροπή αυτών, σε μορφή ενός ανόργανου άλατος. Αυτή επιτυγχάνεται με την **καύση** της λειοτριβημένης οργανικής ουσίας των φύλλων, ή άλλων φυτικών ιστών με μία από τις γνωστές μεθόδους, όπως η μέθοδος της ξηρής καύσης που παρουσιάζεται παρακάτω (Ασημακόπουλος 2005, Τσικαλάς, 1992).

- Μετά το άλεσμα του ξηρού υλικού, μέρος του δείγματος τοποθετείται σε φούρνο, στους 90-105°C για τουλάχιστον 2h προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως η υγρασία.
- Αμέσως μετά, ζυγίζεται σε κάψα πορσελάνης περίπου 1gr από το δείγμα και η ακριβής μέτρηση καταγράφεται.

- Στη συνέχεια η κάψα τοποθετείται στον φούρνο αποτέφρωσης στους 550°C μέχρι το δείγμα να ασπρίσει. Ο χρόνος που θα γίνει αυτό είναι $\approx 2,5$ h.
- Αφού τελειώσει η καύση, η κάψα τοποθετείται σε θερμαινόμενη πλάκα και προστίθενται 5mL διαλύματος HCl 1M.
- Ακολουθεί θέρμανση (όχι βρασμός) μέχρι να αρχίσουν να βγαίνουν ατμοί από την κάψα, προκειμένου να διαλυθούν ευκολότερα τα διάφορα άλατα.
- Σε ογκομετρική φιάλη των 50mL τοποθετείται ένα μικρό χωνί και πάνω του ένα φίλτρο Whatman N°40.
- Ρίχνουμε το περιεχόμενο της κάψας μέσα στο φίλτρο καθώς και 3 εκπλύσεις της κάψας με απιονισμένο νερό. Αφού περάσουν από το φίλτρο το ξεπλύνουμε 3 φορές.
- Απομακρύνουμε το χωνί και η ογκομετρική φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή.
- Το διάλυμα μεταφέρεται σε άλλη φιάλη, όπου αναγράφεται ο αριθμός του δείγματος και φυλάσσεται στο ψυγείο.
- Ακολουθούν μετρήσεις (π.χ. K^+ , P, κ.α.)

3.3.4 Προσδιορισμός ολικού φωσφόρου

Ο **Φώσφορος** (Phosphorus) είναι το αμέταλλο χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο **P**, ατομικό αριθμό 15 και ατομικό βάρος 30,97376. Πρόκειται για ένα χημικό στοιχείο της ομάδας του αζώτου (VA ή 15) με τέσσερις (4) πιο γνωστές στερεές αλλοτροπικές μορφές. Οι δυο κυριότερες από αυτές είναι ο λευκός και ο ερυθρός φώσφορος. Η χαρακτηριστική ιδιότητα του φωσφορισμού σχετίζεται μόνο με το λευκό φώσφορο.

Πρόκειται για εξαιρετικά δραστικό στοιχείο και γι' αυτό ποτέ δεν βρέθηκε σε στοιχειακή κατάσταση στη φύση της Γης. Συνήθως βρίσκεται σε φωσφορούχα πετρώματα, αλλά αποτελεί σημαντικό συστατικό και σημαντικών βιοχημικά (και όχι μόνο) οργανοφωσφορικών ενώσεων, όπως (μεταξύ άλλων) το DNA, το RNA, η ATP και η ADP. Είναι απαραίτητο στοιχείο για κάθε ζωντανό κύτταρο.

Στα υγρά απόβλητα, η συγκέντρωση του φωσφόρου (P) αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών, στα φρέσκα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται από 5 – 30 mg/l.

Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75 % του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25 % περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) διαλυτών ιόντων από 70 – 90 % και πολυφωσφορικών ($\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων.

Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα, τα δε ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:

Η μέτρηση του Φωσφόρου πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (Ολικός Φωσφόρος και Ορθοφωσφορικά, τεστ σε φιαλίδια 2.0-20.0 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$, Αριθμός προϊόντος:LCK350).

ΕΚΤΕΛΕΣΗ:

Σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρείας (HACH LANGE) παρασκευής της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, ο υπολογισμός του Ολικού Φώσφορου έγινε με τον εξής τρόπο:

1. Αφαιρούμε το καπάκι με το αντιδραστήριο (docí cap) από το φιαλίδιο.
2. Προσθέτουμε 0,4 ml του δείγματος μας στο φιαλίδιο.
3. Τοποθετούμε το καπάκι με το αντιδραστήριο (docí cap) στο φιαλίδιο.
4. Ανακινούμε καλά το φιαλίδιο έως ώστε να διαλυθεί αντιδραστήριο.
5. Τοποθετούμε το φιαλίδιο σε θερμικό αντιδραστήρα για 1 ώρα στους 100 °C.
6. Αφήνουμε την θερμοκρασία του φιαλιδίου να επανέλθει στους 18 - 20 °C και προσθέτουμε 0,5 ml του αντιδραστηρίου B.
7. Στην συνέχεια αλλάζουμε το υπάρχον καπάκι, με το καπάκι με το αντιδραστήριο C και ανακινούμε καλά.
8. Περιμένουμε για 10 λεπτά και τέλος μετράμε το ολικό Φώσφορο (mg/l) με την χρήση φασματομετρητή Hach Lange DR 2800.

3.3.5 Προσδιορισμός καλίου

Τα στερεά δείγματα αναλύθηκαν για τον ποσοτικό προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ολικών μετάλλων (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, As κλπ.) με τη χρήση του ICP-MS 7500cx, αφού προετοιμάστηκαν κατάλληλα με τη βοήθεια της υγρής χώνευσης με μικροκύματα (Microwave 3000, Anton Paar), προκειμένου να παραληφθούν σε διαλυτή μορφή τα προς ανάλυση στοιχεία. Για την υγρή χώνευση χρησιμοποιήθηκε μια παραλλαγή της μεθόδου EPA3051a (Standard methods in microwave assisted sample preparation, Application Note by Anton Paar). Συγκεκριμένα, ζυγίστηκε ποσότητα στερεού δείγματος (0.25-0.5g) και χωνεύτηκε με 9mL HNO₃ (>69% trace select grade, Fluka) ακολουθώντας το εξής πρόγραμμα:

Πίνακας 3-3. Πρωτόκολλο υγρής χώνευσης στερεών δειγμάτων

Stage	Power	Ramp in	Hold	Comment
1	600W	6 min		<u>At 800W:</u>
2	800W		14min	Max Temperature: 200°C Max Pressure: 40bar
3	0W		15min	Reach room temperature

Έπειτα, τα χωνευμένα δείγματα αραιώθηκαν και φυγοκεντρήθηκαν. Το υπερκείμενο υγρό απομακρύνθηκε προσεκτικά, διηθήθηκε (0,45μm, Whatman), αραιώθηκε κατάλληλα και αναλύθηκε με συνθήκες ίδιες με αυτές των υγρών δειγμάτων EPA 6020a (παράμετροι λειτουργίας ICP-MS, επεξεργασία και ανάλυση αποτελεσμάτων, έλεγχος αξιοπιστίας χώνευσης και ανάλυσης των στερεών δειγμάτων).

Κατά την ανάλυση των μετάλλων με το ICP-MS αξιοποιήθηκε η δυνατότητα του οργάνου να λειτουργεί σε collision (He) ή/και reaction (H₂) mode με στόχο την παραγωγή ακόμα πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων, λόγω του περιορισμού των ισοβαρών παρεμποδίσεων (π.χ., παρεμπόδιση του 40Ar12C στην ανάλυση του 52Cr).

Η ανάλυση με το ICP-MS πλεονεκτεί των άλλων τεχνικών (ατομική απορρόφηση, φασματοφωτομετρία, σταθμικός προσδιορισμός κλπ.) ως προς τα χαμηλότερα όρια ανίχνευσης, το μεγαλύτερο εύρος γραμμικότητας, την ταυτόχρονη πολυστοιχειακή ανάλυση και την ανάλυση μεγάλου αριθμού δειγμάτων σε σειρά, σε σύντομο χρόνο (batch analysis).

Οι συνθήκες λειτουργίας του ICP-MS ήταν οι ακόλουθες:

Πίνακας 3-4. Συνθήκες λειτουργίας ICP-MS

RF power (W)	1500	Collision gas	He
Plasma gas flow (L/min)	0,82	Collision gas flow (mL/min)	4,5
Auxiliary gas flow (L/min)	0,26	Reaction gas	H ₂
Sampling/Skimmer cone	Ni	Reaction gas flow (mL/min)	3,5
Nebulizer type	MicroMist	Solution uptake (uL/min)	160
S/C temperature	2° C	Integration time (sec per mass)	0,30
Replicates	3		

Γενικά, η έκφραση των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση εξωτερικής καμπύλης βαθμονόμησης (5 τουλάχιστον επίπεδα συγκέντρωσης, με συντελεστή συσχέτισης (r) της τάξης του 0,99 για κάθε στοιχείο) χρησιμοποιώντας πρότυπες ενώσεις κατάλληλης καθαρότητας της εταιρείας Merck. Τα όρια ανίχνευσης προέκυψαν από τις καμπύλες βαθμονόμησης με κατάλληλους μαθηματικούς υπολογισμούς (Chemstation Software by Agilent).

3.3.6 Προσδιορισμός φαινολών

Σύμφωνα με τον Salma Hachita (2008), μετά από κομποστοποίηση αγροτοκτηνοτροφικών αποβλήτων με προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (OMW) παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των φαινολών κατά 49% περίπου, ενώ παράλληλα, μετά από αγρονομική εφαρμογή του τελικού προϊόντος σε πατάτες δεν παρατηρήθηκε καμία αρνητική επίδραση στο έδαφος. Μάλιστα, ο ίδιος τονίζει ότι η χρήση κατσίγαρου στην κομποστοποίηση αγροτοκτηνοτροφικών αποβλήτων μπορεί να αποτελέσει μια φιλοπεριβαλλοντική πρακτική στο πρόβλημα διάθεσης και των δυο αποβλήτων και μάλιστα μια χαμηλού κόστους στρατηγική ανακύκλωσης αυτών.

Στα πλαίσια της παρούσας, αμέσως μετά από κάθε ανάδευση του εκάστοτε υλικού γινόταν δειγματοληψία, προετοιμασία δειγμάτων και αποστολή αυτών για προσδιορισμό των φαινολών, των μετάλλων και του μικροβιακού πληθυσμού..

Συνοπτικά, παρουσιάζεται ακολούθως η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των φαινολών.

1. Παρασκευή απαραίτητων διαλυμάτων.

Διάλυμα γαλλικού οξέος (για την παρασκευή των προτύπων)

Σε ογκομετρική φιάλη των 100mL, διαλύουμε 0,5g ξηρού γαλλικού οξέος σε 10mL αιθανόλης και αραιώνουμε μέχρι τα 100mL. Το διάλυμα αυτό έχει συγκέντρωση 5000mg/L γαλλικού οξέος και με αυτό φτιάχνουμε τα απαραίτητα πρότυπα για την καμπύλη βαθμονόμησης. Διατηρείται στο ψυγείο για 2 εβδομάδες.

Διάλυμα ανθρακικού νατρίου (sodium carbonate)

Διαλύουμε 200g άνυδρο ανθρακικό νάτριο σε 800mL νερού, μετά το βράζουμε μέχρι να διαλυθεί το ανθρακικό νάτριο και αφού κρυστάλλει προσθέτουμε μερικούς κρυστάλλους ακόμα ανθρακικό νάτριο. Μετά από 24 ώρες προσθέτουμε νερό μέχρι να φτάσει το 1L (πριν προσθέσουμε το νερό αφαιρούμε τους κρυστάλλους που δεν έχουν διαλυθεί). Σκοπός είναι να δημιουργήσουμε ένα υπέρκορο διάλυμα ανθρακικού νατρίου. Επίσης για τη μέθοδο είναι απαραίτητο το Folin-Ciocalteu το οποίο προμηθεύεται από το εμπόριο.

2. Αρχική μέθοδος

Προσθέτουμε 20μL δείγματος και 1,58mL νερό. Έπειτα προσθέτουμε 100μL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και ανακατεύουμε καλά. Στα επόμενα 30sec – 8min προσθέτουμε 300μL διαλύματος ανθρακικού νατρίου και ανακατεύουμε καλά. Αφήνουμε τα διαλύματα για 2 ώρες στους 20°C και μετράμε την απορρόφηση στα 765nm. Πριν μετρήσουμε μηδενίζουμε με υπερκαθαρό νερό. Επίσης, μετράμε και το ένα διάλυμα blank (αντί για δείγμα προσθέτουμε νερό) του οποίου την απορρόφηση την αφαιρούμε από την απορρόφηση των δειγμάτων προς μέτρηση.

3. Τελική μέθοδος

Προσθέτουμε 1,6mL δείγματος. Έπειτα προσθέτουμε 100μL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και ανακατεύουμε καλά. Στα επόμενα 30sec – 8 min προσθέτουμε 300 μL διαλύματος ανθρακικού νατρίου και ανακατεύουμε. Αφήνουμε τα διαλύματα για 2 ώρες στους 20°C (ή 30min στους 40°C) και μετράμε την απορρόφηση στα 765nm. Πριν μετρήσουμε μηδενίζουμε με υπερκαθαρό νερό. Επίσης μετράμε και το ένα διάλυμα blank (αντί για δείγμα προσθέτουμε νερό) του οποίου την απορρόφηση την αφαιρούμε από την απορρόφηση των δειγμάτων προς μέτρηση.

Πρότυπη καμπύλη

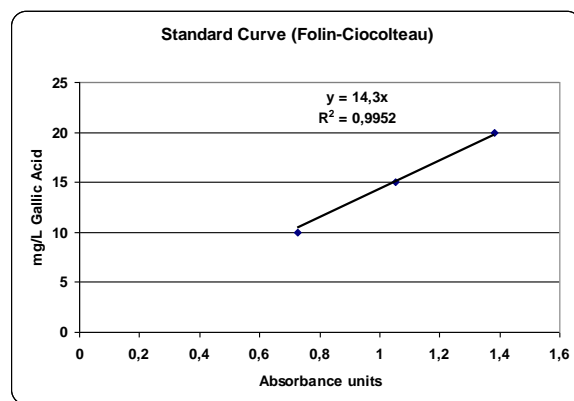
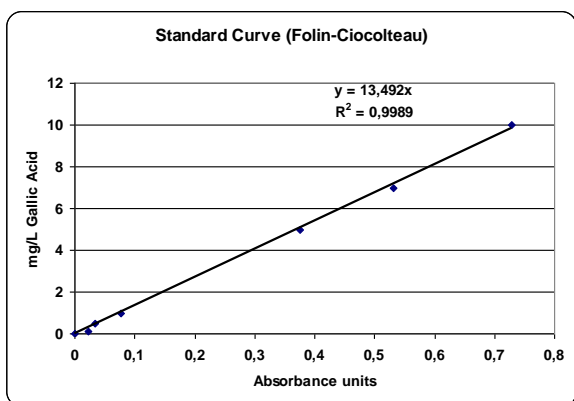
Για τη δημιουργία της πρότυπης καμπύλης δημιουργήθηκε αρχικά ένα ενδιάμεσο πρότυπο διάλυμα συγκέντρωσης 500mg/L. Για το διάλυμα αυτό πήραμε 10mL από το διάλυμα γαλλικού οξέος 5000 mg/L και τα αραιώνουμε ως 100mL σε μια ογκομετρική φιάλη.

Από το ενδιάμεσο πρότυπο διάλυμα των 500mg/L φτιάχνουμε τα υπόλοιπα πρότυπα διαλύματα. Προσθέτουμε 0 - 0,02 - 0,1 - 0,2 - 0,6 - 1 - 1,4 - 2 - 3 - και 4mL για τη δημιουργία πρότυπων διαλυμάτων συγκέντρωσης 0 – 0,1 – 0,5 – 1 – 3 – 5 – 7 – 10 – 15 και 20mg/L σε ογκομετρικές φιάλες και συμπληρώνουμε με νερό ως 100mL. Ακολουθούμε την παραπάνω μέθοδο και μετράμε την απορρόφηση. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3-5. Απορροφήσεις για τα πρότυπα διαλύματα

Συγκέντρωση (mg/L)	Απορρόφηση
blank	0,0175
0,1	0,0399
0,5	0,0515
1	0,0947
3	0,1135
5	0,3927
7	0,5492
10	0,7463
15	1,0688
20	1,3988

Η μέτρηση των 3mg/L απορρίφθηκε. Από τις υπόλοιπες μετρήσεις έγιναν 2 καμπύλες βαθμονόμησης. Η πρώτη είναι για χαμηλές τιμές ενώ η δεύτερη για υψηλότερες.



Καμπύλη βαθμονόμησης πρέπει να γίνεται για κάθε καινούριο διάλυμα ανθρακικού νατρίου.

4. Εύρεση ορίου ανίχνευσης μεθόδου

Η πιθανότερη τιμή για το όριο ήταν τα 0,5mg/L. Επομένως για την εύρεσή του μετρήθηκαν 6 διαλύματα 10 φορές μεγαλύτερης συγκέντρωσης (δηλ. 5mg/L). Υπολογίζουμε την τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων των 6 αυτών διαλυμάτων. Το όριο ανίχνευσης της μεθόδου είναι η τυπική απόκλιση πολλαπλασιασμένη με το 3,365. Αν είχαμε πάνω από 6 διαλύματα πολλαπλασιάζουμε την τυπική απόκλιση με διαφορετικό αριθμό.

Τελικά το όριο ανίχνευσης της μεθόδου είναι: 0,402mg/L.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες παραγράφους της παρούσας εργασίας, οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του πειράματος ήταν, νωπή κοπριά βοοειδών, νωπή κοπριά χοίρων, φύλλα ελιάς και υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων. Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων του κατσίγαρου που χρησιμοποιήθηκε κατά την ηλιακή ξήρανση της κοπριάς των βοοειδών, των χοίρων και των φύλλων ελιάς.

Πίνακας 6: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου που χρησιμοποιήθηκαν στην ηλιακή ξήρανση.

Παράμετροι	Τιμές
pH	4,8
EC (mS/cm)	3,4
N (mg/l)	331,95
K (mg/l)	2.345,08
P (mg/l)	152,36
TOC (%)	23,0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	<DL
NH ₄ ⁺ (mg/l)	364,2
Mg (mg/l)	188,6
Ca (mg/l)	307,6
Phenols (g gallic ac	5,1
Μέταλλα	
Cu (μg/l)	305,5
Zn (μg/l)	5.441,1
Ni (μg/l)	476,9
Cr (μg/l)	8,5
Pb (μg/l)	<DL

<DL = κάτω από το όριο ανίχνευσης

DL (NO₃) = 0,31mg/l - DL (NH₄) = 0,01mg/l - DL (P) = 0,0007mg

4.2 Ηλιακή ξήρανση κοπριάς βοοειδών με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου

Στον ακόλουθο Πίνακα 7, παρουσιάζονται τα στοιχεία του πειράματος της ηλιακής ξήρανσης της κοπριάς των βοοειδών με κατσίγαρο.

Πίνακας 7: Στοιχεία καταγραφών κατά την ηλιακή ξήρανση νωπής κοπριάς βοοειδών με κατσίγαρο.

Ηλιακή Ξήρανση κοπριάς βοοειδών με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου			
Όγκος νωπής κοπριάς: 400lt Νωπό βάρος: 20lt = 8,5Kg (υγρασία 76%)			
Ημερομηνίες προσθήκης κατσίγαρου	Κωδικοί δειγματοληψιών	Ημέρα δειγματοληψίας	Προσθήκη Κατσίγαρου (Lt)
05/05/15	1C	1	180
07/05/15			165
11/05/15			225
13/05/15	2C	9	
14/05/15			90
18/05/15			60
20/05/15			60
26/05/15			150
29/05/15			60
02/06/15	3C	29	150
08/06/15			90
10/06/15			90
25/06/15			40
29/06/15			30
30/06/15			180
02/07/15			60
16/07/15			500
05/08/15			400
06/08/15	4C	94	
08/09/15		127	400
Σύνολο		127	2.930

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 1C: πραγματοποιήθηκε προσθήκη 180lt κατσίγαρου, αμέσως μετά την εγκατάσταση της νωπής κοπριάς στη λεκάνη της ηλιακής ξήρανσης.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 2C: πραγματοποιήθηκε συνολικά προσθήκη 390lt κατσίγαρου τμηματικά κατά τις ημερομηνίες 7/5/2015 & 11/5/2015.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 3C: πραγματοποιήθηκε συνολικά προσθήκη 570lt κατσίγαρου τμηματικά κατά τις ημερομηνίες από 14/5/2015, μέχρι και 2/6/2015. Η διαφοροποίηση στην ποσότητα του υγρού κατσίγαρου στο μίγμα οφείλεται στις θερμοκρασίες που επικρατούσαν, οι οποίες επηρέαζαν την εξάτμιση που παρουσιάζεται μέσα στο ξηραντήριο και συνεπώς στην υγρασία του υλικού, η οποία και καθόριζε τη συχνότητα προσθήκης κατσίγαρου.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 4C: πραγματοποιήθηκε συνολικά από τις 8/6/2015 έως τις 5/8/2015 συνολικά 1.390lt υγρού κατσίγαρου. Ουσιαστικά έχουμε προσθήκη μέσα σε 2 μήνες περίπου 700lt ανά μήνα πράγμα λογικό εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών του καλοκαιριού.

Μετά από την 4^η δειγματοληψία : πραγματοποιήθηκε μια τελευταία προσθήκη 400lt κατσίγαρου μέχρι τις 8/9/2015.

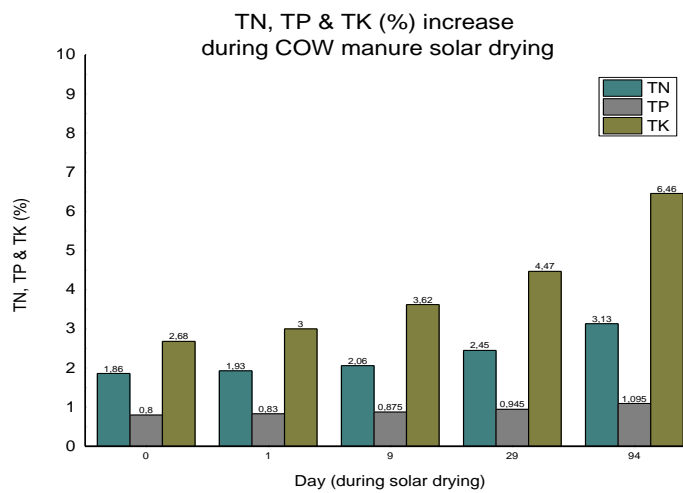
Τα συνολικά λίτρα κατσίγαρου που προστέθηκαν στα 400lt νωπής κοπριάς βοοειδών από το χρονικό διάστημα 5/5/2015 έως 8/9/2015 είναι συνολικά 2.930lt.

Στον ακόλουθο Πίνακα 8 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων του υλικού κατά τη διαδικασία της ηλιακής ξήρανσης, κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4 δειγματοληψίες, τις ημέρες 1, 9, 29, 94. Μετά την τελευταία δειγματοληψία προστέθηκαν επιπλέον 400lt κατσίγαρου, συνεπώς, η συνολική ποσότητα που προστέθηκε στο υλικό ήταν 2.930lt.

Πίνακας 8: Συγκεντρωτικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγματοληψιών της ηλιακής ξήρανσης της κοπριάς των βοοειδών με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Παράμετροι	Ηλιακή Ξήρανση νωπής κοπριάς βοοειδών				
	Αρχικός όγκος νωπής κοπριάς 400 (lt)				
	Προσθήκη κατσίγαρου (lt)				
	0	180	390	570	1.390
	Μέρες ηλιακής ξήρανσης				
1	1	9	29	94	
Κωδικοποίηση δειγμάτων					
	νωπή κοπριά	1C	2C	3C	4C
pH	9,17	8,60	7,73	6,67	5,73
EC (mS/cm)	5,30	5,10	4,90	5,80	4,71
Nitrogen (%)	1,86	1,93	2,06	2,45	3,13
Potassium (%)	2,68	3,00	3,62	4,47	6,46
Phosphorus (%)	0,80	0,83	0,88	0,95	1,10
TOC (%)	49,23	52,30	56,03	61,60	68,45
Nitrate (mg/Kg)	15,23	79,63	109,33	139,00	115,33
Phenols (g gallic acid/ kg)	1,80	2,32	3,47	5,17	9,27

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών, το άζωτο αυξήθηκε κατά 40%, το κάλιο κατά 59% και ο φώσφορος κατά 27%, σε όλη τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης της κοπριάς, στην οποία γινόταν εμπλουτισμός με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων. Προκύπτει λοιπόν από τη διαδικασία ένα προϊόν ιδιαίτερα εμπλουτισμένο σε θρεπτικά. Στο Διάγραμμα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται και διαγραμματικά η πορεία αύξησης των θρεπτικών κατά τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης, όπως έχει παρουσιαστεί και στον παραπάνω Πίνακα 8.



Διάγραμμα 2. Πορεία θρεπτικών (TN, TK, TP) κατά την ηλιακή ξήρανση νωπής κοπριάς βοοειδών με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Όσον αφορά στην περιεκτικότητα των φαινολών στα δείγματα μας παρατηρούμε ότι, η συγκέντρωση αυτών έχει αυξηθεί σχεδόν κατά 80%, ως προς την αρχική συγκέντρωση στο νωπό υλικό.

4.3 Ηλιακή ξήρανση κοπριάς χοίρων με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου

Στον ακόλουθο Πίνακα 9, παρουσιάζονται τα στοιχεία του πειράματος της ηλιακής ξήρανσης της κοπριάς των χοίρων με κατσίγαρο.

Πίνακας 9: Στοιχεία καταγραφών κατά την ηλιακή ξήρανσης νωπής κοπριάς χοίρων με κασίγαρο.

Ηλιακή Ξήρανση κοπριάς χοίρων με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου			
Όγκος νωπής κοπριάς: 400lt _ Νωπό βάρος: 20lt = 15,2Kg (υγρασία 74,7%)			
Ημερομηνίες προσθήκης κασίγαρου	Κωδικοί δειγματοληψιών	Ημέρα δειγματοληψίας	Προσθήκη κασίγαρου (Lt)
04/02/15	1X		
04/02/15		1	150
09/02/15			80
19/9/2/15			130
26/02/15			130
03/03/15			100
09/03/15	2X	33	
10/03/15			120
12/03/15			90
18/03/15			105
26/03/15			90
07/04/15			60
17/04/15	3X	72	
17/04/15			120
21/04/15			105
24/04/15			100
28/04/15			105
30/04/15			60
04/05/15	4X	89	
04/05/15			90
05/05/15			45
11/05/15			225
13/05/15	5X	98	
14/05/15			60
18/05/15			60
20/05/15			60
26/05/15			150
29/05/15			60
02/06/15			150
03/06/15	6X	120	
08/06/15			90
10/06/15			90
25/06/15			120
29/06/15			120
02/07/15			180
07/07/15	7X	154	150
16/07/15			500
05/08/15			400
06/08/15	8X	185	
Total			4.095

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 1X: δεν προστέθηκε καμία ποσότητα κασίγαρου στη δειγματοληψία αυτή.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 2X: πραγματοποιήθηκε συνολικά προσθήκη 590lt κασίγαρου τμηματικά κατά τις ημερομηνίες 4/2/2015, 9/2/2015, 19/2/2015, 26/2/2015, 3/3/2015 και 9/3/2015, όπως παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 3X: πραγματοποιήθηκε συνολικά προσθήκη 465lt κασίγαρου τμηματικά κατά τις ημερομηνίες 10/3/2015, 12/3/2015, 18/3/2015, 26/3/2015, 7/4/2015 και 17/4/2015.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 4X: πραγματοποιήθηκε συνολικά από τις 17/4/2015 έως τις 30/4/2015 και 4/5/2015, συνολικά 490lt κασίγαρου.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 5X: πραγματοποιήθηκαν προσθήκες κασίγαρου κατά τις ημερομηνίες 4/5/2015, 5/5/2015, 11/5/2015, με συνολικά 360lt κασίγαρου.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 6X: πραγματοποιήθηκαν προσθήκες κασίγαρου κατά τις ημερομηνίες 14/5/2015, 18/5/2015, 20/5/2015, 26/2015, 29/5/2015, 2/6/2015, με συνολικά 540lt κασίγαρου .

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 7X: πραγματοποιήθηκαν προσθήκες κασίγαρου κατά τις ημερομηνίες 14/5/2015, 18/5/2015, 20/5/2015, 26/2015, 29/5/2015, 2/6/2015, με συνολικά 750lt κασίγαρου .

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 8X: από την 7^η μέχρι και την 8^η δειγματοληψία προστέθηκαν 900lt κασίγαρου στις ημερομηνίες 16/7/2015 και 5/8/2015.

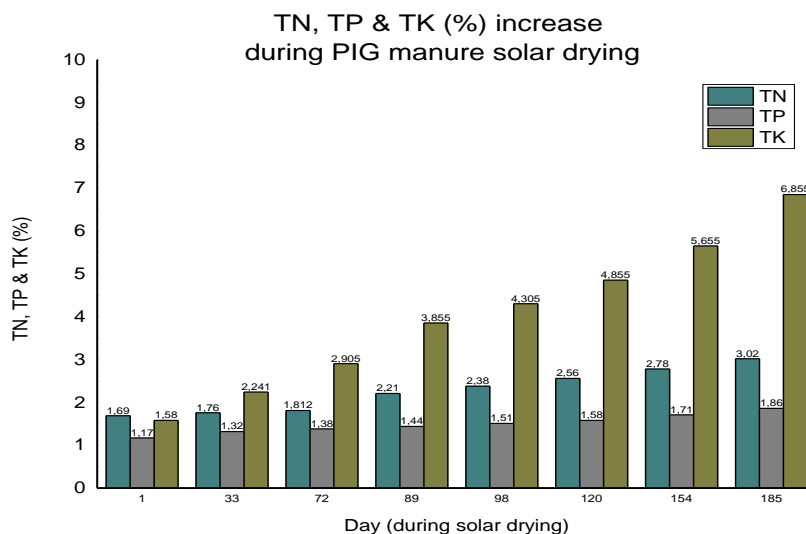
Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η συνολική ποσότητα κασίγαρου που προστέθηκε συνολικά στα 400lt νωπής κοπριάς χοίρων, για το χρονικό διάστημα από 4 Φεβρουαρίου, έως και 6 Αυγούστου 2015 ήταν 4.095lt.

Στον ακόλουθο Πίνακα 10 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων του υλικού κατά τη διαδικασία της ηλιακής ξήρανσης, κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν συνολικά 8 δειγματοληψίες, τις ημέρες 1, 33, 72, 89, 98, 120, 154 και 185. Η συνολική ποσότητα που προστέθηκε στο υλικό ήταν 4.095lt.

Πίνακας 10: Συγκεντρωτικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγματοληψιών της ηλιακής ξήρανσης της κοπριάς των χοίρων

Ηλιακή Ξήρανση νωπής κοπριάς χοίρων									
Παράμετροι	Αρχικός όγκος νωπής κοπριάς χοίρων 400 (lt)								
	Προσθήκη κασιόγαρου (lt)								
	0	590	465	490	360	540	750	900	
	Μέρες ηλιακής ξήρανσης								
1	33	72	89	98	120	154	185		
Κωδικοποίηση δειγμάτων									
	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X	
pH	9,43	8,3	9,6	9,3	8,57	6,6	6,3	6,4	
EC (mS/cm)	6,63	4,73	8,33	7,63	7,57	6,83	6,95	6,23	
Nitrogen (%)	1,69	1,76	1,81	2,21	2,38	2,56	2,78	3,02	
Potassium (%)	1,58	2,24	2,91	3,86	4,31	4,86	5,66	6,86	
Phosphorus (%)	1,17	1,32	1,38	1,44	1,51	1,58	1,71	1,86	
TOC (%)	52,84	52,58	55,88	56,32	54,21	57,10	62,37	66,01	
Nitrate (mg/Kg)	11,23	29,50	91,07	111,77	150,33	156,93	176,33	158,33	
Phenols (g gallic acid/ kg)	3,60	4,32	4,95	5,36	5,86	6,32	6,97	7,44	

Στο Διάγραμμα 3 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία των θρεπτικών κατά τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης, όπως έχει παρουσιαστεί και στον παραπάνω Πίνακα 10.



Διάγραμμα 3. Πορεία θρεπτικών (TN, TK, TP) κατά την ηλιακή ξήρανση νωπής κοπριάς χοίρων με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Από τα αποτελέσματα, όπως αυτά παρουσιάζονται στον προηγούμενο πίνακα προκύπτει μια αύξηση στη συγκέντρωση του τελικού προϊόντος κατά 45% στο άζωτο, κατά 77% στο κάλιο και κατά 37% στο φώσφορο. Οι φαινόλες αυξήθηκαν κατά 52% στο τελικό προϊόν.

4.4 Ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου

Στον ακόλουθο Πίνακα 11, παρουσιάζονται τα στοιχεία του πειράματος της ηλιακής ξήρανσης των φύλλων ελιάς με κασίγαρο.

Πίνακας 11: Στοιχεία καταγραφών κατά την ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς με κασίγαρο.

Ηλιακή Ξήρανση φύλλων ελιάς με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου			
Όγκος φύλλων ελιάς: 500 lt Νωπό βάρος: 20lt = 3,5Kg (υγρασία 58,8%)			
Ημερομηνίες προσθήκης κασίγαρου	Κωδικοί δειγματοληψιών	Ημέρα δειγματοληψίας	Προσθήκη κασίγαρου (Lt)
19/02/15	1F	1	
19/02/15			100
26/02/15			120
10/03/15			90
18/03/15			60
26/03/15			60
07/04/15			40
17/04/15	2F	57	
17/04/15			75
21/04/15			60
24/04/15			100
28/04/15			60
30/04/15			90
04/05/15			60
05/05/15			45
11/05/15			225
13/05/15	3F	83	
18/05/15			90
20/05/15			60
26/05/15			150
02/06/15			150
03/06/15	4F	104	
08/06/15			90
10/06/15			90
25/06/15			150
29/06/15			90
07/07/15	5F	138	150
16/07/15			500
05/08/15			450
06/08/15	6F	168	
15/09/15			300
Total		168	3.455

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 1F: δεν προστέθηκε καμία ποσότητα κασίγαρου στη δειγματοληψία αυτή.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 2F: πραγματοποιήθηκε συνολικά προσθήκη 470lt κασίγαρου τμηματικά κατά τις ημερομηνίες 19/2/2015, 26/2/2015, 10/3/2015, 18/3/2015, 26/3/2015, 7/4/2015 και 17/4/2015.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 3F: πραγματοποιήθηκε συνολικά προσθήκη 715lt κασίγαρου τμηματικά κατά τις ημερομηνίες από 17/4/2015, 21/4/2015, 24/4/2015, 28/4/2015, 30/4/2015, 4/5/2015, 5/5/2015, 11/5/2015 και 13/5/2015.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 4F: πραγματοποιήθηκε συνολικά από τις 13/5/2015 έως τις 2/6/2015 προσθήκη 450lt κασίγαρου.

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 5F: πραγματοποιήθηκαν συνολικά προσθήκες κασίγαρου κατά τις ημερομηνίες 8/6/2015, 10/6/2015, 25/6/2015 και 29/6/2015, 420lt .

Για το κωδικοποιημένο δείγμα 6F: πραγματοποιήθηκαν προσθήκες κασίγαρου κατά τις ημερομηνίες 7/7/2015, 16/7/2015, 5/8/2015, με συνολικά 1.100lt .

Αμέσως μετά την τελευταία δειγματοληψία προστέθηκαν επιπλέον 300lt κασίγαρου στις 15/9/2015.

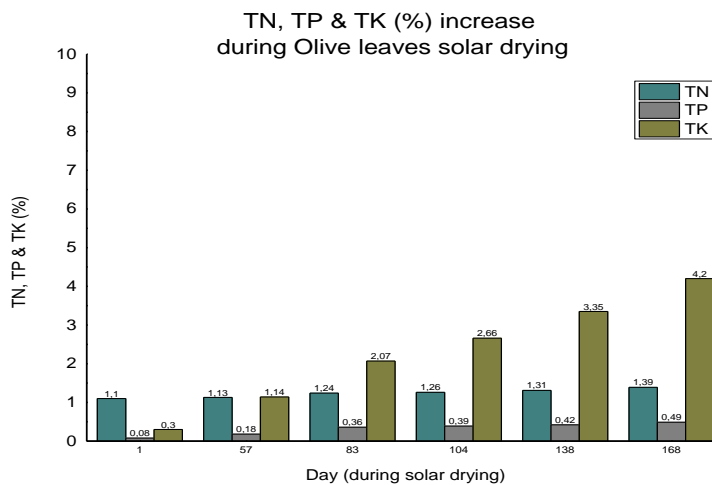
Συγκεντρωτικά σημειώνεται ότι, η συνολική ποσότητα κασίγαρου που προστέθηκε στα 500lt φύλλων ελιάς, για το χρονικό διάστημα από 19 Φεβρουαρίου, έως και 15 Σεπτεμβρίου 2015 ήταν 3.455lt. Αναφέρεται ότι η τελευταία έκτη δειγματοληψία έγινε την ημέρα 168 (6 Αυγούστου, 2015), μέχρι την οποία είχαν προστεθεί συνολικά 3.155lt κασίγαρου. Στις 15 Σεπτεμβρίου προστέθηκαν επιπλέον 300lt κασίγαρου, οπότε η συνολική ποσότητα κασίγαρου που προστέθηκε στο υλικό ήταν 3.455lt.

Στον Πίνακα 12 ακολούθως παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων του υλικού κατά τη διαδικασία της ηλιακής ξήρανσης, κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν συνολικά 6 δειγματοληψίες, τις ημέρες 1, 57, 83, 104, 138 και 168.

Πίνακας 12: Συγκενρωτικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγματοληψιών της ηλιακής ξήρανσης των φύλλων ελιάς

Παράμετροι	Ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς (OL-D)					
	Αρχικός όγκος φύλλων ελιάς 500 (lt)					
	Προσθήκη κασιόγαρου (lt)					
	0	470	715	450	570	950
	Μέρες ηλιακής ξήρανσης					
1	57	83	104	138	168	
Κωδικοποίηση δειγμάτων						
	1F	2F	3F	4F	5F	6F
pH	6,03	8,47	6,70	5,93	5,93	5,73
EC (mS/cm)	1,16	4,27	5,83	10,20	6,10	4,62
Nitrogen (%)	1,10	1,13	1,24	1,26	1,31	1,39
Potassium (%)	0,30	1,14	2,07	2,66	3,35	4,20
Phosphorus (%)	0,08	0,18	0,36	0,39	0,42	0,49
TOC (%)	63,63	59,00	60,86	60,41	63,88	71,68
Nitrate (mg/Kg)	63,06	152,93	189,00	247,33	240,00	114,07
Phenols (g gallic acid/ kg)		4,36	5,56	6,15	6,88	7,06

Στο Διάγραμμα 4 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία των θρεπτικών κατά τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης των φύλλων ελιάς, όπως έχει παρουσιαστεί και στον παραπάνω Πίνακα 12.



Διάγραμμα 4. Πορεία θρεπτικών (TN, TK, TP) κατά την ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς με υγρά απόβλητα ελαιотριβείων

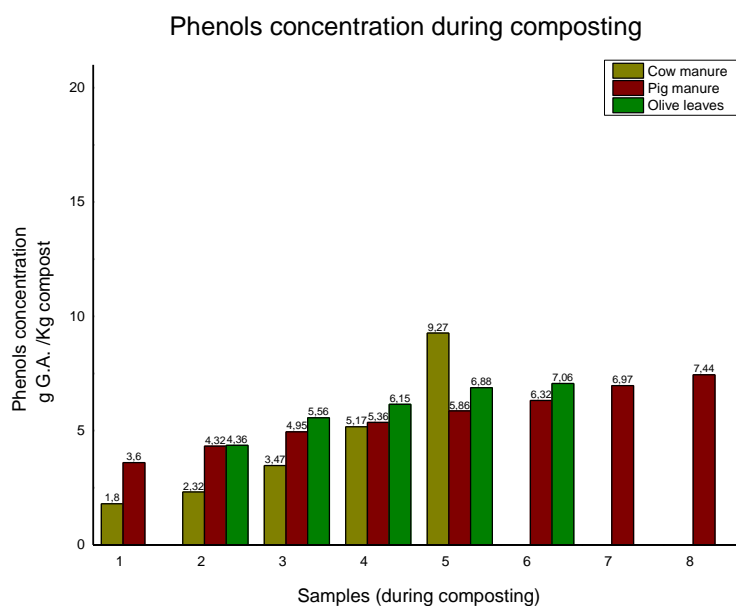
Στην περίπτωση των φύλλων ελιάς η συγκέντρωση του αζώτου αυξήθηκε κατά 21%, του καλίου κατά 93% και του φωσφόρου κατά 83%. Όσον αφορά στην περιεκτικότητα των φαινολών στα δείγματα μας, παρατηρούμε ότι η αύξηση αυτή είναι της τάξης του 38%.

4.5 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στις προηγούμενες παραγράφους, για κάθε ένα από τα τρία υλικά που αξιολογήθηκαν κατά την ηλιακή ξήρανση αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων, προέκυψε ότι, σε μια τέτοια περίπτωση, όπου η όλη διαδικασία γίνεται χειρονακτικά, παρατηρήθηκε αξιόλογη αύξηση ή συμπύκνωση των θρεπτικών του κασσίγαρου. Πιο συγκεκριμένα, προέκυψε ότι το κάλιο, καθώς βρίσκεται σε αρκετά μεγαλύτερη συγκέντρωση στον κασσίγαρο, ήταν το θρεπτικό με τη σημαντικότερη αύξηση. Λιγότερη αύξηση, που επίσης σχετίζεται με την συγκέντρωση στον κασσίγαρο, παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση του αζώτου και ακολούθως του φωσφόρου, με αντίστροφη σειρά στην περίπτωση των φύλλων ελιάς.

Η αύξηση που παρατηρήθηκε σε κάθε περίπτωση ήταν σημαντική, διαφοροποιήθηκε ωστόσο, ελάχιστα μεταξύ των υλικών, γεγονός που αποδίδεται κυρίως στην κοκομετρία και στη δομή του αρχικού νωπού υλικού.

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να αναφερθεί ότι εξίσου και στις τρεις περιπτώσεις, προέκυψε ένα τελικό οργανικό προϊόν, ιδιαίτερα εμπλουτισμένο σε θρεπτικά (TN, TK & TP). Ωστόσο, το τελικό αυτό προϊόν έχει ιδιαίτερα αυξημένα επίπεδα φαινολών, γεγονός που το καθιστά φυτοτοξικό στις συγκεντρώσεις αυτές. Το διάγραμμα των φαινολών για τα τρία υλικά παρουσιάζεται συγκεντρωτικά ακολούθως.



Διάγραμμα 5. Πορεία θρεπτικών (TN, TK, TP) κατά την ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Τα επίπεδα των φαινολών στο τελικό προϊόν είναι αυξημένα για απευθείας εφαρμογή αυτού σε καλλιέργειες. Μετά από την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας και την παραγωγή του τελικού προϊόντος τονίζεται και προτείνεται να διερευνηθεί η δυνατότητα σταθεροποίησης και απομάκρυνσης κάθε παθογόνου από το τελικό προϊόν με τη διαδικασία της κομποστοποίησης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η δυνατότητα διάθεσης αυτού σε διάφορες καλλιέργειες. Επίσης, όπως έχει αναφερθεί και σε συγκεκριμένες βιβλιογραφικές πηγές (Ermanno Federici, (2011) & Hafedh Rigane, (2015)) έχει παρατηρηθεί μείωση της συγκέντρωσης των φαινολών μετά από διαδικασία κομποστοποίησης ενός προϊόντος.

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι, μετά από τη διαδικασία της ηλιακής ξήρανσης αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων με εμπλουτισμό τους με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων, προέκυψε ένα οργανικό προϊόν, με συγκεντρώσεις TN – TP – TK, περίπου 3,1% - 1,8% - 6,9%, αντίστοιχα. Το προϊόν αυτό, θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό μέρος της απαιτούμενης οργανικής λίπανσης διάφορων καλλιεργειών, μετά από κομποστοποίηση. Τέλος, αξίζει να τονιστεί πως μια τέτοια διαδικασία συμπύκνωσης θρεπτικών θα ήταν σημαντικά αποτελεσματικότερη στην περίπτωση εκείνη όπου όλη η διαδικασία θα γινόταν μηχανικά και όχι χειρονακτικά.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Λοϊζίδου Μ., «Σημειώσεις: Υγρά Απόβλητα», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Αθήνα 2006,
- Θρασύβουλος Μανιός «Κομποστοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Μηχανολογίας, Εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και υγρών Αποβλήτων, Ηράκλειο 2009,
- Μελέτη, κατασκευή και λειτουργία έμμεσου ηλιακού ξηραντηρίου για την αποξήρανση κορινθιακής σταφίδας στην περιοχή Αιγίου. Δπλωματική Β. Σταματόπουλου, Πανεπιστήμιο Πατρών,
- Ζερβάκης Γ., 1998: Ο ρόλος των μανιταριών σε συστήματα αειφορικής γεωργίας . Πρακτικά επιστημονικής διημερίδας: Βιολογική Γεωργία. Πραγματικότητα– προοπτικές, σελ.48-60. Έκδοση ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.,
- Μαρκαντωνάτος, Γ.: «Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα, ζωϊκά απορρίμματα», Β' Έκδοση, Αθήνα, 1990,
- Στάμελος Κ., Αρχιτεκτονίδου Β., Haskoning, «Εξέταση των τεχνολογιών πρόληψης και περιορισμού της ρύπανσης δραστηριοτήτων του κλάδου διαχείρισης αποβλήτων (Οδηγία 96/61/EC, Παράρτημα I, εδάφιο 5.) - υποβολή προτάσεων για εφαρμογή των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών.
- Μιχελάκης Ν., 2000: Απόβλητα ελαιοτριβείων: Οικονομικότητα εφικτότητα των μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων. – Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία Ελαιοκομία σελ. 150-157,
- Οιχαλιώτης Κ. & Ζερβάκης Γ., 1999: Τα απόβλητα και παραπροϊόντα των ελαιοτριβείων δύο και τριών φάσεων: Μια αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης. - Ελιά & Ελαιόλαδο 14: 52-59.
- Παπαλουκοπούλου Π., 2001: Συσχέτιση των εδαφικών ιδιοτήτων με τις επιπτώσεις εφαρμογής του κατσίγαρου. - M.Sc. Thesis, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Ποντίκης Κ., 1992: Ελαιοκομία. - Εκδόσεις Σταμούλης, Πειραιάς, σελ. 261.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdullah, M. A., Rahmah, A., Sinskey, A. J., Rha, C. K., 2008. Cell engineering and molecular pharming for Biopharmaceuticals. The Open Medic. Chem. J. 2, 49-61.
- Adams, A., Gottschling, D. E., Kaiser, C. A., Stearns, T., 1997. Methods in yeast genetics. A Cold Spring Harbor laboratory course manual. Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Ausubel, F. M., Brent, R., Kingston, R. E., Moore, D. D., Seidman, J. G., Smith, J. A., Struhl, K., 1994. Current protocols in Molecular Biology. Wiley, New York.

- Bailey, J. E., 1991. Toward a science of metabolic engineering. *Science*. 252, 1668-75.
- Ermanno Federici, (2011). Two-phase olive mill waste composting: Community dynamics and functional role of the resident microbiota”. *Bioresource Technology* 102, 10965–10972.
- Hafedh Rigane, (2015). Polyphenolic compounds progress during olive mill wastewater sludge and poultry manure co-composting, and humic substances building (Southeastern Tunisia). *Waste Management & Research* 2015, Vol. 33(1) 73–80.
- Martinez Nieto L., Garido Hoyos S.E., Camacho Rubio F., Garcia Pareja M.P. & Ramos Cormezana A., 1993: The biological purification of waste products from olive oil extraction. – *Bioresource Technology* 43: 215-219.
- Martirani L., Giardina P., Marzullo L. & Sannia G., 1996: Reduction of phenol content and toxicity in olive waste waters with the ligninolytic fungus *Pleurotus ostreatus*. - *Water Research* 30: 1914-1918.
- Mellouli H.J., Hartmann R., Gabriels D. & Cornelis W.M., 1998: The use of olive mill effluent (“marginés”) as soil conditioner mulch to reduce evaporation losses. *Soil and Tillage Res.* 49: 85-91.
- Moreno E., Perez J., Ramos- Cormezana A. & Martinez Z., 1987: Antimicrobial effect of waste water from olive oil selecting soil bacteria after incubation with diluted waste. - *Microbios* 51:169-174.
- Novotny C., Svobodova K., Erbanova P., Cajthaml T., Kasinath A., Lang E., Sasek V., 2004:Ligninolytic fungi in bioremediation: extracellular enzyme production and degradation rate. - *Soil Biology & Biochemistry* 36: 1545–1551.
- Paixao S.M., Mendonca E., Picado A. & Anselmo A.M., 1999: Acute toxicity evaluation of olive mill wastewaters: a comparative study of three aquatic organisms. - *Environmental Toxicology* 14: 393-398.
- Paredes M.J., Monteoliva-Sanchez M., Moreno E., Perez J., Ramos-Cormerzana A. & Martinez J., 1986: Effect of wastewaters from olive oil extraction plants on the bacterial population of soil. - *Chemosphere* 15: 59-664.
- Paredes M.J., Moreno E., Ramos-Cormenzana A. & Martinez J., 1987: Characteristics of soil after pollution with wastewaters from olive oil extraction plants. - *Chemosphere* 16: 1557-1564.
- Perez J., Hernadez M.T., Ramos- Cormezana A. & Martinez J., 1987: Caracterizacion de fenoles del pigmento del alpechin y transformacion por *Phanerochaete chrysosporium*. – *Grasas y Rceites* 6: 367-371.
- Piperidou C., Chaidou C., Stalikas C., Soulti K., Pilidis G. & Balis C., 2000: Bioremediation of olive oil mill wastewater: Chemical alterations induced by *Azotobacter vinelandii*.- *J. Agric. Food Chem.* 48: 1942-1948.

- Pointing S.Bo., 2001: Feasibility of bioremediation by white-rot fungi. – Appl. Microbiol. Biotechnol. 57: 20–33.
- Robles A., Lucas R., de Cienfuegos G.A. & Galvez A., 2000: Biomass production and detoxification of wastewaters from the olive oil industry by strains of *Penicillium* isolated from wastewater disposal ponds. - *Bioresource Technology* 74: 217-221.
- Rodryguez E., Nuero O., Guillen F., Martynez A.T. & Martynez M.J., 2004: Degradation of phenolic and non-phenolic aromatic pollutants by four *Pleurotus* species: the role of laccase and versatile peroxidase. - *Soil Biology & Biochemistry* 36: 909–916.
- Roig A., Garcia-Gomez A., Bernal M.P. & Cegarra J., 2001: Composting of the solid fraction of olive mill wastewater. In: *International Symposium on Composting of Organic Matter, ISHS*. - *Acta Horticulturae* 549.
28. Sainjust E., Pompei R., Rescigno A., Rinaldi A. & Ballero M., 1991: Olive milling wastewater as a medium for growth of four *Pleurotus* species. - *Applied Biochemistry & Biotechnology* 31: 223-235.
- Tamburino V., Zimbone S.M. & Quattrone P., 1999: Storage and Land Application of Olive-Oil Wastewater. - *Olivae* 76: 36-45.
- Tomati U. & Galli E., 1992: The fertilizing value of wastewater from the olive processing industry. Humus, its structure and role in agriculture and environment. - J. Kubat Elsevier Science Publishers B V.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

<http://www.oiv.int>

<http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/crops/olive.shtml>

http://www.statistics.gr/Deltia_menu.asp

http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/ladi.htm

<http://www.ftns.wau.nl/imb/research/wrf.html>