



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ ΜΑΝΙΟΣ, ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

Περιεχόμενα	
Πρόλογος	5
Περίληψη	6
Κεφάλαιο 1.Εισαγωγή	7
1. Κτηνοτροφικά απόβλητα	7
1.1. Ορισμοί	7
1.2. Ελληνική νομοθεσία	8
2. Υγρά απόβλητα ελαιολιπιδίων	15
3. Κομποστοποίηση	17
3.1. Γενικά	17
3.2. Ιστορική ανασκόπηση	19
3.3. Η κατάσταση στην Ελλάδα	22
3.3.1. Ελληνική Νομοθεσία	22
3.3.2. Εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα	23
3.4. Τεχνική και φυσικοχημικοί παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της κομποστοποίησης	24
3.4.1. Μικροχλωρίδα	25
3.4.2. Μέγεθος τεμαχιδίων	25
3.4.3. Οξυγόνο και αερισμός	26
3.4.4. Υγρασία	26
3.4.5. Θερμοκρασία	27
3.4.6. Θρεπτικά στοιχεία	28
3.4.7. PH	29
3.5. Συστήματα Κομποστοποίησης	30
Κεφάλαιο 2.Υλικά και μέθοδοι	31
1. Προέλευση πρώτων υλών	31
2. Παρασκευή του σωρού κομποστοποίησης	31
3. Αναδεύσεις	32
3.1. Αναδεύσεις σειραδίου με διαβροχή με απόβλητα ελαιολιπιδίων(κατσίγαρος)	32
4. Δειγματοληψία	33

5.	Μελέτη Φυσικοχημικών Παραμέτρων	35
5.1.	Παρακολούθηση θερμοκρασίας	35
5.2.	Προσδιορισμός υγρασίας	35
5.2.1.	Εισαγωγή	35
5.2.2.	Συσκευές	36
5.2.3.	Διαδικασία	36
5.2.4.	Υπολογισμοί	36
5.3.	Προετοιμασία δειγμάτων για αναλύσεις	37
5.4.	Προσδιορισμός pH και Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας(Electrical Conductivity, EC) σε οργανικό υλικό.	37
5.4.1.	pH	37
5.4.2.	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	38
5.4.3.	Τεχνική : Προσδιορισμός pH και EC με νερό στην αναλογία 1:1 ½	38
5.5.	Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl	40
5.5.1.	Εισαγωγή	40
5.5.2.	Τεχνική μεθόδου Kjeldahl	40
5.6.	Προσδιορισμός του οργανικού C	44
5.6.1.	Εισαγωγή	44
5.6.2.	Τεχνική μεθόδου Ξηρής Καύσης	46
5.7.	Προσδιορισμός αφομοιώσιμου καλίου στο έδαφος	46
5.7.1.	Εισαγωγή	46
5.7.2.	Τεχνική μεθόδου οξικού αμμωνίου	46
5.7.3.	Εκτέλεση	48
5.7.4.	Υπολογισμός του αποτελέσματος	49
5.8.	Εκχύλιση φυτικού ιστού	52
5.8.1.	Εισαγωγή	52
5.8.2.	Τεχνική μεθόδου ξηρής καύσης	52
5.9.	Προσδιορισμός ολικού φωσφόρου σε φυτικό ιστό	54
5.9.1.	Τεχνική μεθόδου Βαναδομολυβδαινικού Αμμωνίου	54
6.	Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας κομποστοποίησης κλαδοκάθαρων	60
6.1.	Θρυμματιστής οργανικών υλικών	60
6.2.	Αναστροφέας σειραδίων κομποστοποίησης	61
	Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα-Συζήτηση	65
1.	Κομποστοποίηση κτηνοτροφικών αποβλήτων με απόβλητα ελαιοτριβείων	65
1.1.	Φυσικοχημικές παράμετροι	65
1.1.1.	Υγρασία	

1.1.2. Θερμοκρασίες	66
1.1.3. PH	68
1.1.4. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	69
1.1.5. Προσδιορισμός Οργανικής Ουσίας με τη μέθοδο της Ξηρής Καύσης	70
1.1.6. Οργανικός άνθρακας	71
1.1.7. Άζωτο (N)	72
1.1.8. Σχέση C/N	73
1.1.9. Κάλιο	74
1.1.10. Φώσφορο	78
1.1.11. Μέτρηση βροχής	81
Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα	82
Βιβλιογραφία	86

Πρόλογος

Η επαφή μου με το εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων ξεκίνησε στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Χαίρομαι που στα πλαίσια της εργασίας μου βρέθηκα σε ένα εργαστήριο αξιόλογο, επαρκώς εξοπλισμένο αλλά προπαντός φιλικό προς τους φοιτητές και γνώρισα αξιόλογους και εξυπηρετικούς ανθρώπους.

Θα ήθελα κατ' αρχάς να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Δρ. Θρασύβουλο Μανιό που με επέλεξε για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας, για την βοήθεια και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο ενδιαφέρον θέμα.

Επίσης ευχαριστώ το προσωπικό του εργαστηρίου που με συμβούλεψε και με βοήθησε στην πραγματοποίηση της εργασίας και ειδικά τους Γεώργιο Δασκαλάκη, Φένια Γάλλιου, Νικόλαο Μαρκάκη και τον καθηγητή Ιωάννη Σαμπαθιανάκη.

Αλλά ευχαριστώ ιδιαίτερος τους Αναστάσιο Τσαπέρο, Ιωάννη Χριστοφοράκη και τους υπόλοιπους συναδέλφους, που αρκετά συχνά κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες, βοηθούσε σε μεγάλο βαθμό ο ένας στην πτυχιακή εργασία του άλλου, για τη συμπαράσταση τους και για την ευχάριστη συνεργασία μαζί τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη βοήθεια, την υπομονή της και ψυχολογική συμπαράσταση της.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας πτυχιακής είναι η βελτιστοποίηση της μεθόδου της κομποστοποίησης κτηνοτροφικών αποβλήτων με συστήματα αναστρεφόμενων σειραδίων αναμειγμένων με κλαδοκάθαρα και συγκεκριμένα κοπριάς χοίρων χρησιμοποιώντας απόβλητα ελαιουργείων σε κάποιες από τις αναστροφές του σειραδίου και μελέτη της διαδικασίας και των φυσικοχημικών παραμέτρων που την επηρεάζουν. Παρασκευάστηκε ένα σειράδιο, αποτελούμενο από κοπριά χοίρων, κλαδοκάθαρα και προσθήκη αποβλήτων ελαιοτριβείων(κατσιγάρου) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας των αναδεύσεων. Μελετήθηκε μια σειρά φυσικοχημικών παραμέτρων, μεταξύ των οποίων η θερμοκρασία, η υγρασία, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το άζωτο, το κάλιο, το φώσφορο, η σχέση C/N, η οργανική ουσία και ο οργανικός άνθρακας, οι οποίοι επηρεάστηκαν από τις άσχημες καιρικές συνθήκες που επικράτησαν κατά τους χειμερινούς μήνες στο Ηράκλειο, οι οποίοι ήταν από τους πιο βροχερούς των τελευταίων ετών. Για τις αναστροφές του σειραδίου, ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο θρυμματιστής οργανικών υλικών με μαχαίρια που θρυμμάτισε τα κλαδιά που αναμίχτηκαν με τη κοπριά χοίρων και ο αναστροφέας σειραδίων κομποστοποίησης Backhus 16.30.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.Κτηνοτροφικά απόβλητα

1.1 Ορισμοί

Κύριο χαρακτηριστικό της νεκρής οργανικής ύλης είναι η αστάθεια της, δεδομένου ότι βρίσκεται συνεχώς στη διαδικασία της αποδόμησης (αποσύνθεσης) κάτω από ορισμένες ευνοϊκές συνθήκες. Με την κομποστοποίηση επιτυγχάνεται η γρήγορη αποσύνθεση της και το πέρασμά της σε σχετική σταθεροποίηση, κατά την οποία η αποδόμησή της συνεχίζεται σε αργούς ρυθμούς. Σ' αυτήν την κατάσταση δεν προκαλούνται περιβαλλοντικά προβλήματα ταυτόχρονα καθίσταται δυνατή η αξιοποίησή της γεωργικά αλλά και σε άλλες χρήσεις.

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης κρίνεται αναγκαίο να δοθούν κάποιοι ορισμοί:

«Απόβλητα»: κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει.

«Κτηνοτροφικά απόβλητα»: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.

«Διαχείριση αποβλήτων»:η συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της επίβλεψης των χώρων απόρριψης και των ενεργειών στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες.

«Απόβλητα χοιροστασίων»: 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.

«Σταθεροποίηση»:Με τον όρο σταθεροποίηση εννοούμε:

1. Να φτάσει η οργανική ύλη σε μια μορφή που να είναι βιολογικά σχετικά αδρανής, απουσία έντονων μικροβιακών δραστηριοτήτων και διάσπαση των πολύπλοκων οργανικών μεγαλομορίων σε πιο σταθερά οργανικά και ανόργανα συστατικά.
2. Να μειωθεί ή ακόμα και να εξαφανιστεί η δυσάρεστη οσμή που μερικά οργανικά υλικά αναδίδουν.
3. Να μειωθεί ή και να καταστραφεί πλήρως το παθογόνο για τον άνθρωπο μικροβιακό φορτίο, καθώς και παθογόνοι μικροοργανισμοί φυτών και ζώων.
4. Να μειωθεί ο όγκος των υλικών αυτών καθώς και η υγρασία τους έτσι ώστε να είναι ευκολότερη και πλέον οικονομική η μεταφορά τους από το σημείο συσσώρευσης-παραγωγής στο σημείο εφαρμογής.
5. Να μειωθεί η φυτοτοξική δράση του οργανικού φορτίου μέσα από διαδικασίες ωρίμανσης του υλικού.
6. Να παραχθεί τελικά ένα οργανικό υλικό που θα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε διάφορες καλλιέργειες καλύπτοντας έτσι ανάγκες σε οργανικό λίπασμα αλλά και την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, στην περίπτωση των απορριμμάτων ενέργειας ή υλικών.

1.2.Ελληνική νομοθεσία

Ο Κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής για την προστασία των νερών από νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης που αναγράφεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως,Τεύχος 2^ο,Αρ.φύλλου 477 της 6^{ης} Απριλίου 2000, είναι ο εξής:

Κτηνοτροφικά απόβλητα

Α)Γενικά

Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες η συνεχώς αυξανόμενη ρύπανση του νερού από τα νιτρικά ιόντα οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υπέρμετρη χρήση της κόπρου και των χημικών λιπασμάτων.Η μορφή των ζωικών αποβλήτων εξαρτάται από το είδος σταβλισμού, το είδος των εκτρεφόμενων ζώων, τον τρόπο συλλογής και απομάκρυνσης των αποβλήτων από τους χώρους εκτροφής, τον τρόπο αποθήκευσης και την περιεκτικότητά τους σε ολικά στερεά (Ο.Σ.).Ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων ανά είδος ζώου δίνεται προσεγγιστικά από τον πίνακα 1.Η ποσότητα των αποβλήτων που προκύπτει από τον πίνακα 1 αφορά τα απόβλητα (κοπριά και ούρα), όπως αυτά παράγονται από τα ζώα. Η αναλογία μεταξύ κοπριάς και ούρων φαίνεται ενδεικτικά στον πίνακα 2 (παράρτημα).Στα καθαρά απόβλητα κατά τη λειτουργία της μονάδας προστίθενται και άλλα υλικά (νερά πλύσεως, στρωμνή κλπ.) που αυξάνουν την τελική ποσότητα των αποβλήτων.Ενδεικτικά οι χρησιμοποιούμενες επιπλέον ποσότητες αναφέρονται στους πίνακες 3-4.Στα χοιρινά ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων αυξάνεται 2-5 φορές λόγω του προστιθέμενου νερού καθαρισμού, διαφυγής υδροδότησης και βροχής σε ακάλυπτους χώρους.

Πίνακας 1. Όγκος παραγόμενων αποβλήτων ανά είδος ζώου

Είδος Ζώου	It αποβλήτων /κγρ Ζ. Β*	Ο.Σ.** % όγκου αποβλήτων
Αγελάδες	0,080	12
Μοσχάρια	0,534	14
Χοίροι	0,058	10
Πτηνά	0,056	27
Πρόβατα	0,040	25

*Ζ.Β = Ζων Βάρους, **Ο.Σ= Ολικά Στερεά

Πίνακας 2. Αναλογία κοπριάς και ούρων (%) στα παραγόμενα απόβλητα

	Αγελάδες Γαλακτοπαραγωγής	Μόσχοι Πάχυνσης	Χοιρινά	Πρόβατα
Κοπριά	69	71	55	50
Ούρα	31	29	45	50
Σύνολο	100	100	100	100

Πίνακας 3. Ποσότητα προστιθέμενης στρωμνής

Παραγωγική Κατεύθυνση	Σύστημα Σταβλισμού	Είδος Στρωμνής	Χρησιμοποιούμενη ποσότητα για 180 nM(kgr)
Αγελάδες Γαλακτοπαραγωγής	Περιορισμένος ή Ελεύθερος Σταβλισμός με ατομικές θέσεις	Ψιλοκομμένο άχυρο	120/ζώο
Αγελάδες Γαλακτοπαραγωγής	Χωρίς ατομικές θέσεις	Πριονίδι & υπολείμματα ξύλου	150/ζώο
Αγελάδες Γαλακτοπαραγωγής	Ελεύθερος Σταβλισμός χωρίς ατομικές θέσεις	Άχυρο	530/ζώο
Χοιρινά	Σε κλουβιά	Άχυρο	102/κλουβί
Πτηνά Πάχυνσης	Με στρωμνή	Ροκανίδια, Υπολείμματα Χαρτιού	0,5/πτηνό&εκτροφή

Πίνακας 4. Ποσότητα χρησιμοποιούμενου νερού καθαρισμού

Παραγωγική Κατεύθυνση	Σύστημα Καθαρισμού	Ποσότητα σε lt	M.O
Αγελάδες Γαλακτοπαραγωγής	Καθαρισμός αμελκτικού εξοπλισμού, πλύσιμο θηλών κλπ. χωρίς νερό πίεσης	14-22	18/ζώο
	Με χρήση νερού πίεσης	27-45	35/ζώο
Χοιρινά(10 ζώα/κλουβί)	Καθαρισμός κελιών μετά την αποχώρηση της τοκετομάδας	16-24	18/ζώο

Β) Μέθοδοι ελέγχου της ρύπανσης με νιτρικά κατά τη χρήση των ζωικών αποβλήτων

1. Ως προς τον αποδέκτη

Είναι γεγονός ότι οι υδάτινοι πόροι στην Ελλάδα ποσοτικά είναι περιορισμένοι. Επιπλέον η ικανότητα του νερού για εξουδετέρωση της ρύπανσης, είναι σχετικά μικρή σε σχέση με εκείνη του εδάφους και για μεν την ανόργανη ρύπανση βασίζεται στην αραιώση ενώ για την οργανική στην ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Αντίθετα το έδαφος έχει μεγάλη ικανότητα εξουδετέρωσης αλλά και αξιοποίησης των ρυπογόνων παραγόντων οι οποίοι στην περίπτωση αυτή (και με την προϋπόθεση ότι γίνεται ορθολογική εφαρμογή) θα πρέπει να θεωρηθούν σαν πηγές θρεπτικών στοιχείων και η εφαρμογή τους να συνδυαστεί με υποκατάσταση χημικών λιπασμάτων. Για τους λόγους αυτούς τα επιφανειακά νερά και γενικά οι υδάτινοι

αποδέκτες πρέπει σχεδόν να αποκλείονται από τη χρήση και μόνο σε απόλυτα εξαιρετικές περιπτώσεις να εξετάζεται η πιθανότητα χρησιμοποίησής τους. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι προδιαγραφές που καθορίζονται από τις σχετικές νομαρχιακές αποφάσεις είναι ουσιαστικά απαγορευτικές για την χρησιμοποίηση των νερών ως τελικών αποδεκτών.

2. Ως προς τον χειρισμό

Γενικά ο χειρισμός των στερεών αποβλήτων είναι πολύ ευκολότερος από τον χειρισμό των υγρών τόσο από πλευράς κατασκευής των εγκαταστάσεων όσο και από πλευράς λειτουργίας τους. Για το λόγο αυτό πρέπει να αποφεύγεται κάθε προσθήκη νερού στα μη υγρά απόβλητα έτσι ώστε να είναι δυνατός ο χειρισμός τους σαν στερεών και παράλληλα να παραμένει η μικρότερη δυνατή ποσότητα υγρών για επεξεργασία. Για το λόγο αυτό πρέπει να αποφεύγεται η αποστράγγιση του νερού της βροχής, των στεγών, των προαυλίων κλπ. στις δεξαμενές αποβλήτων. Επίσης στην περίπτωση που στη μονάδα παράγονται υγρά απόβλητα τα οποία είναι σχετικά καθαρά, όπως υγρά πλύσεως αμελκτηρίου κλπ. και εφόσον τα παραγόμενα ζωικά απόβλητα δεν είναι υγρά, τα ξεπλύματα καλό είναι να συλλέγονται και να αποθηκεύονται χωριστά από τα απόβλητα των ζώων έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα τα τελευταία να συλλέγονται, αποθηκεύονται, επεξεργάζονται και διατίθενται ως στερεά.

Γ) Μέθοδοι χειρισμού των αποβλήτων

1. Στερεά απόβλητα

Στην περίπτωση που από τα στερεά απόβλητα (κοπρίες, στρωμνή και στερεά μηχανικού διαχωρισμού) υπάρχει πιθανότητα στράγγισης υγρών θα πρέπει αυτά να συγκεντρώνονται σε τσιμεντένια πλατφόρμα (κοπροσωρός) με κλίση 5-6% προς το κανάλι συλλογής των υγρών, εφοδιασμένη με προστατευτικό τοίχιο κατά τις δύο ή τρεις πλευρές, ύψους μέχρι 1,5m. Η κοπριά στρωμνής που στερείται υγρών στράγγισης μπορεί να αποθηκευτεί και επί του εδάφους εφ' όσον βέβαια προβλεφθεί απομάκρυνση των υγρών από βροχοπτώσεις με την κατασκευή ενός μικρού καναλιού περιμετρικά του σωρού. Εάν τα στερεά δεν έχουν ζυμωθεί τότε παραμένουν στον κοπροσωρό για ένα διάστημα 90-180 ημερών περίπου, μέχρι να γίνει η ζύμωση. Στον πίνακα 5 φαίνεται ενδεικτικά η σύσταση χωνεμένων στερεών (compost) μηχανικού διαχωρισμού αποβλήτων χοιροστασίου.

2. Υγρά απόβλητα

Κατά τον χειρισμό των υγρών αποβλήτων θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια ώστε:

- α. Να περιοριστεί η απώλεια θρεπτικών στοιχείων των αποβλήτων.
- β. Να μειωθεί η οργανική ουσία στα προβλεπόμενα για εδαφική διάθεση όρια.

γ. Η μέθοδος χειρισμού να είναι απλή και αξιόπιστη.

δ. Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των αποβλήτων να είναι το δυνατόν χαμηλότερο. Ο χειρισμός των υγρών αποβλήτων αναφέρεται κυρίως στα χοιροστάσια, δεδομένου ότι στα βουστάσια τα απόβλητα απομακρύνονται σε στερεά μορφή με ξέστρα, εκτός και αν επιλεγεί ειδικά για τα απόβλητα αυτά που το χειμώνα είναι υδαρούς μορφής (λάσπη) λόγω βροχής, η προσθήκη νερού αραιώσης και στη συνέχεια ο διαχωρισμός τους σε μηχανικό διαχωριστή, σε υγρά και στερεά.

3. Δεξαμενές συλλογής και αποθήκευσης

Η δεξαμενή συγκέντρωσης (εξισορρόπησης) των αποβλήτων πρέπει να είναι στεγανή (τσιμεντένια) και να έχει ως ελάχιστη χωρητικότητα εκείνη του μεγαλύτερου καναλιού της μονάδας εφ' όσον το κανάλι εκκενώνεται ολόκληρο. Στη συνέχεια τα υγρά οδηγούνται σε μηχανικό διαχωρισμό στερεών-υγρών και τα προκύπτοντα στερεά σε κοπροσωρό χωρητικότητας τόσης ώστε να εξασφαλίζεται ο χρόνος παραμονής τους για 90-180 ημέρες. Το δάπεδο του σωρού πρέπει να είναι τσιμεντένιο με κλίση προς το κανάλι συλλογής των υγρών τα οποία στη συνέχεια οδηγούνται στην προηγούμενη δεξαμενή. Τα υγρά από το διαχωριστή οδηγούνται σε δεξαμενή καθίζησης. Αυτή πρέπει να είναι στεγανή (τσιμεντένια) και χωρητικότητας ίσης με την ποσότητα παραγόμενων αποβλήτων 5-7 ημερών. Από τη δεξαμενή καθίζησης τα υγρά μεταφέρονται στη δεξαμενή αναερόβιας ζύμωσης. Η δεξαμενή αυτή πρέπει να έχει χωρητικότητα τέτοια ώστε να μπορεί να συγκεντρώνει τουλάχιστον απόβλητα 100 ημερών. Συνήθως είναι χωμάτινη με τοιχώματα συμπιεσμένα ή επιστρωμένα με άργιλο για να επιτευχθεί σχετική στεγανότητα. Στη συνέχεια τα υγρά μεταφέρονται στη δεξαμενή αποθήκευσης χωρητικότητας τέτοιας ώστε τα απόβλητα να διατηρούνται εκεί τουλάχιστον όσο διαρκεί η βροχερή περίοδος κατά την οποία δεν μπορεί να γίνει διάθεση υγρών στο έδαφος (90-180 ημέρες). Η δεξαμενή αυτή είναι συνήθως χωμάτινη εφ' όσον το έδαφος δεν είναι πορώδες και δεν έχει ρωγμές.

Πίνακας 5. Ενδεικτική σύσταση χωνεμένων στερεών (compost) που προκύπτουν μέσα από μηχανικό διαχωρισμό των αποβλήτων ενός συγκεκριμένου χοιροστασίου

Παράμετροι	Τιμές	Παράμετροι	Τιμές
		$P^2 O^5$	
Υγρασία	5.64 %		4.03% επί Ξ.Ο.
Ξηρή Ουσία	94.36 %	P	1.76% επί Ξ.Ο.
		$K_2 O$	
PH(1:5 σε νοπή ουσία)	6.73 %		0.66% επί Ξ.Ο.
		K	0.55% επί Ξ.Ο.
Αγωγιμότητα (1:5 σε νοπή Ουσία)	4.90mmhos/cm/25°C	Mg	1.02% επί Ξ.Ο.
Οργανική ουσία	36.61% επί Ξ.Ο.	CaO	10.61% επί Ξ.Ο.
Τέφρα	63.39% επί Ξ.Ο.	Ca	7.58% επί Ξ.Ο.
N-Ολικό	1.95% επί Ξ.Ο.	Fe	0.35% επί Ξ.Ο.
N-Ολικό	2.27% επί N.Ο.	Mn	0.06% επί Ξ.Ο.
N-Ολικό	2.40% επί N.Ο.	Zn	0.08 % επί Ξ.Ο.
N-NH4	0.45% επί Ξ.Ο.	Cu	0.02% επί Ξ.Ο.
Σχέση C/N	9.01%	B	0.0032% επί Ξ.Ο.

Δ)Απόβλητα χοιροστασίων

Τα απόβλητα χοιροστασίων είναι συνήθως υγρής μορφής.Οι βαθμίδες παραγωγής και επεξεργασίας των χοιροτροφικών αποβλήτων που έχουν επικρατήσει στον ελληνικό χώρο φαίνονται από τον πίνακα 6:

Πίνακας 6: Βαθμίδες παραγωγής και επεξεργασίας των χοιροτροφικών αποβλήτων που έχουν επικρατήσει στον ελληνικό χώρο

Θρεπτικό στοιχείο	Επεξεργασμένα απόβλητα mg/lit
N-NH ₃	600-900
N-NO ₃	Αμελητέο
P ₂ O ₅	30-60
K ₂ O	300-700
Ca	66.30
Mg	30-40
Na	150-200
Cu	0.5-0.6
Zn	0.6-0.7
Mn	0.05-0.15
Fe	1.5-2.5

Η διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων μπορεί να γίνει:

A)Σε καλλιεργούμενες εκτάσεις για λίπανση και εμπλουτισμό, εκτάσεις για λίπανση και εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία ή

B)Σε εδαφικά-φυτικά φίλτρα καλυμμένα με αυτοφυή βλάστηση για απορρόφηση και εξάτμιση.

2.Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

i. Εισαγωγή

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, τα οποία ονομάζονται λιοζούμια ή κατσίγαρος παράγονται από την αραίωση της ελαιοζύμης με νερό, από το πλύσιμο του ελαιόκαρπου, των διαφόρων μηχανημάτων και ολόκληρου του περιβάλλοντα χώρου του ελαιοτριβείου.

ii. Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων

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 ελαιοτριβείων 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 ελαιοτριβεία, 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 [1,14].

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων και το εύρος τιμών τους παρουσιάζονται στον πίνακα 7.

Πίνακας 7: Δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία για τη σύνθεση των υγρών λυμάτων ελαιοτριβείου

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

3. Κομποστοποίηση

3.1. Γενικά

Βιολογικές, θεωρούνται οι μέθοδοι, που βασίζονται στη δράση μικροοργανισμών, οι οποίοι διασπώντα οργανικά συστατικά των αποβλήτων προς απλούστερα, μη τοξικά και ενεργειακά σταθερότερα προϊόντα, όπως CO₂, CH₄, H₂O, κ.λ.π. (Γεωργακάκης, 2003).

Οι στόχοι της βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων συνοψίζονται στους εξής:

- α) Ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων ως προς το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία
- β) Ανακύκλωση/ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων για επαναχρησιμοποίηση
- γ) Παραγωγή ενός χρήσιμου τελικού προϊόντος

Η κομποστοποίηση είναι η αερόβια³ διαδικασία μικροβιακής αποικοδόμησης, κατά την οποία η παραγωγή και επικείμενη μόνωση της πλεονάζουσας μεταβολικής θερμότητας του κόμποστ, μπορεί ταχέως να οδηγήσει σε παρατεταμένες θερμοκρασίες άνω των 50 °C, με θερμοκρασιακό εύρος των θερμομονωμένων περιοχών από 60 °C έως και 80 °C (Dees & Ghiorse, 2001). Μία τυπική διαδικασία κομποστοποίησης χαρακτηρίζεται από μία σειρά σταδίων, που περιλαμβάνουν ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας, παρατεταμένες υψηλές θερμοκρασίες και βαθμιαία πτώση της θερμοκρασίας της μάζας του κόμποστ.

Η κομποστοποίηση είναι η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας από τους μικροοργανισμούς κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, κατά τη διάρκεια της οποίας οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν οξυγόνο ενώ «τρέφονται» από την οργανική ουσία. Η κομποστοποίηση μειώνει τόσο τον όγκο όσο και τη μάζα των πρώτων υλών, μετατρέποντάς τα σε ένα οργανοχουμικό εδαφοβελτιωτικό προϊόν (Rynk et al., 1992).

Ως αποτέλεσμα της μικροβιακής αποικοδομητικής δραστηριότητας, η θερμοκρασία του κόμποστ αυξάνει και το pH αλλάζει ταχέως σε σύντομο χρονικό διάστημα, προκαλώντας μείωση σε κάποια είδη μικροοργανισμών και αφθονία σε άλλα. Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να παρουσιαστούν εγγενή προβλήματα. Τα επίπεδα απόδοσης στα αρχικά στάδια της κομποστοποίησης είναι συνήθως υψηλά. Αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα, όπως ανεπιθύμητες οσμές ως αποτέλεσμα αναερόβιων συνθηκών σε τμήμα της μάζας του κόμποστ.

³ Αερόβια αποικοδόμηση: διάσπαση πολύπλοκων οργανικών ενώσεων από μικροοργανισμούς σε απλούστερες, παρουσία οξυγόνου.

Επιτυχής κομποστοποίηση απαιτεί αντικατάσταση της τυπικής μεσόφιλης αναερόβιας μικροχλωρίδας από αερόβια μικροχλωρίδα, ικανή να παράγει θερμότητα (Hultman et al., 2010).

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κομποστοποίησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 8:

Πίνακας 8: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κομποστοποίησης (Προσαρμοσμένο από Erstein, 1997).

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Η πλειοψηφία των στερεών αποβλήτων μπορεί να κομποστοποιηθεί. Έτσι μία εγκατάσταση κομποστοποίησης μπορεί να επεξεργαστεί τόσο αστικά όσο και βιομηχανικά απόβλητα.	Δυσάρεστες οσμές και εκπομπές βιοαερίων μπορεί να συνυπάρχουν κατά την κομποστοποίηση. Απαιτείται καλός σχεδιασμός των εγκαταστάσεων και αποτελεσματική διαχείριση.
Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.	Πιθανή απαίτηση περισσότερου χώρου από άλλες τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων.
Μείωση χώρων υγειονομικής ταφής-μεγιστοποίηση ανακύκλωσης.	Το προϊόν πρέπει να προωθηθεί στην αγορά.
Αποικοδόμηση οργανικών ουσιών.	
Παραγωγή χρήσιμου προϊόντος.	

Πολύ διαδεδομένη είναι και η έννοια της συγκομποστοποίησης, κυρίως για αγροτοβιομηχανικά υποπροϊόντα, τα οποία προκαλούν ρύπανση μετά τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Οι Georgakakis et al. (1995) μελέτησαν τη συγκομποστοποίηση μηχανικά διαχωρισμένων στερεών υπολειμμάτων χοιροστασίου με υπολείμματα λιγνίτη, εμπλουτισμένα με υπολείμματα εκκοκκιστηρίου βάμβακος (YEB) και φλοιούς από σπόρους ρυζιού. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η συγκομποστοποίηση στερεών αποβλήτων χοιροστασίου με υπολείμματα λιγνίτη, μαζί με YEB και φλοιούς σπόρων ρυζιού, οδήγησε σε βελτιωμένη κομποστοποίηση, σε σύγκριση με την ανάμιξη στερεών αποβλήτων χοιροστασίου και υπολειμμάτων λιγνίτη μόνο, ή έπειτα από εμπλουτισμό αυτών είτε με YEB, είτε με φλοιούς σπόρων ρυζιού.

3.2. Ιστορική ανασκόπηση

Οι Mayas, ένας λαός, ο οποίος κατοικούσε στην κεντρική Αμερική και μάλιστα σε δασώδεις εκτάσεις, τρέφονταν κυρίως με καλαμπόκι. Για να αυξήσουν την παραγωγή τους κατέληξαν στα να εναποθέτουν τα προϊόντα καύσης των απορριμμάτων τους στα εδάφη τα οποία καλλιεργούσαν.

Οι Κινέζοι για περισσότερο από 50 αιώνες αναφέρεται ότι χρησιμοποιούσαν τον ίδιο τρόπο διαχείρισης των απορριμμάτων/αποβλήτων τους. Αναφέρεται ότι τα απορρίμματα τους τα χρησιμοποιούσαν μετά από κάποιου είδους σταθεροποίηση στη γεωργία με σκοπό την αύξηση της γονιμότητας τους. Έτσι γίνεται η πρώτη αναφορά για την παραγωγή ενός εδαφοβελτιωτικού προϊόντος που το ονόμασαν «humus». Του έδωσαν αυτό το όνομα γιατί τους έδινε την αίσθηση και τη μυρωδιά του χώματος. Άλλωστε «humus» σημαίνει χώμα.

Η κομποστοποίηση αναμφισβήτητα ως μια γενικότερη έννοια εφαρμοζόταν στους αρχαίους χρόνους. Οι Ισραηλίτες, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν οργανικά απορρίμματα για την παραγωγή φυσικού λιπάσματος. Οι μεταγενέστεροι πολιτισμοί Ν. Αμερικής, Κίνας, Ιαπωνίας και Ινδιών εφαρμόζαν την κομποστοποίηση εντατικά στην γεωργία χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα για την παραγωγή του εδαφοβελτιωτικού απορρίμματα ζώων και ανθρώπων. Πολλά από αυτά τα οργανικά απορρίμματα τοποθετούνταν σε γραμμικούς σωρούς (Windrow) μέχρι να σταθεροποιηθούν και να δώσουν το τελικό προϊόν που δεν είναι άλλο από το κόμποστ. Έτσι γίνεται και η πρώτη αναφορά στα συστήματα κομποστοποίησης.

Έρευνα για την κομποστοποίηση στις Ηνωμένες Πολιτείες εμφανίζεται να έχει αρχίσει το 1843. Την χρονιά εκείνη ο George Bommer προτείνει μια μέθοδο διαχείρισης των αγροτικών απορριμμάτων (κοπριάς). Η μέθοδος η οποία ονομάζεται «Bommer Method of Making Manure», έχει ως χαρακτηριστικό της την τοποθέτηση των απορριμμάτων αυτών σε δικτυωμένες σχάρες έτσι ώστε το παραγόμενο στράγγισμα να πέφτει προς τα κάτω, να συλλέγεται και στη συνέχεια να ανακυκλώνεται, εξοικονομώντας σημαντικές ποσότητες νερού. Η πρώτη όμως επίσημη αναφορά για την κομποστοποίηση στη Αμερικανική ήπειρο γίνεται το 1888 στο περιοδικό Bulletin No 61, απ' το Σταθμό Γεωργικών Πειραμάτων της Β. Καρολίνας και το οποίο εκδόθηκε τον Δεκέμβριο της ίδιας χρονιάς. Η μελέτη είχε τίτλο «XI. Compost-Formulas, Analyses and Value».

Πολλά χρόνια αργότερα στις Ινδίες και συγκεκριμένα το 1925, γίνεται η πρώτη σημαντική ανακάλυψη από τον Sir Albert Howard. Ο Sir Albert Howard ανέπτυξε την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης των απορριμμάτων και των υγρών αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή ήταν μέχρι τότε γνωστή ως Indore Process . Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή χρειάζονται έξι μήνες τουλάχιστον για να πάρουμε ένα καλό εδαφοβελτιωτικό - κόμποστ. Στη συνέχεια η μέθοδος μετατρέπεται σε αερόβια διεργασία και πήρε το όνομα Bangalore Process η οποία χρησιμοποιείται στις Ινδίες ακόμα και σήμερα. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή γίνεται εκμετάλλευση των αστικών απορριμμάτων και των λυμάτων. Από το 1922 και μετά άρχισαν να εμφανίζονται και στη Ευρώπη διάφορες μέθοδοι κομποστοποίησης. Η πιο γνωστή από όλες ήταν η μέθοδος Baccari, σύμφωνα με την οποία η

αποσύνθεση της οργανικής ύλης μπορούσε να γίνει σε ένα κλειστό σύστημα χρησιμοποιώντας αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες.

Η πρώτη πλήρης κλίμακα κομποστοποίησης στην Ευρώπη γίνεται το 1932 από μια Ολλανδική εταιρία την N.V. Vuilafvoer Moatscharij (VAM). Το σύστημα γνωστό και ως Van Maanen ήταν ουσιαστικά μια παραλλαγή της διεργασίας Indore. Σύμφωνα με τη μέθοδο VAM τα απορρίμματα βιοαποδομούνταν σε γραμμικούς σωρούς και στους οποίους η ανάδευση γινότανε με εναέριους γερανούς.

Το 1933 εμφανίζεται μια νέα διεργασία κομποστοποίησης, γνωστή μέχρι σήμερα με το όνομα DANO. Οι αντιδραστήρες DANO είναι αερόβιοι, έχοντας ένα οριζόντιο άξονα ο οποίος περιστρέφεται σιγά - σιγά και προσδίδει αέρα. Μετά από έρευνες οι αντιδραστήρες DANO πήραν την τελική τους μορφή. Κράτησαν το κυλινδρικό σχήμα το οποίο είχαν από την αρχή, αλλά το μήκος τους αυξήθηκε σε 30m και η διάμετρος σε 4,5m. Οι αντιδραστήρες αυτοί έχουν την ικανότητα να επεξεργάζονται μέχρι και 150 τόνους/ημέρα απορρίμματα. Αντιδραστήρες DANO χρησιμοποιούνται και σήμερα. Στο χώρο υγειονομικής ταφής στη χωματερή των Άνω Λιοσίων ξεκίνησε την εγκατάσταση του το εργοστάσιο μηχανικής ανακύκλωσης των απορριμμάτων του Νομού Αττικής. Στο εργοστάσιο αυτό έχουν τοποθετηθεί τρεις DANO αντιδραστήρες διαμέτρου 3,5 μέτρων και μήκους 50 μέτρων (περίπου) με δυνατότητα να επεξεργάζονται μέχρι και 1200 τόνους την ημέρα απορριμμάτων και λάσπης.

Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η κομποστοποίηση άρχισε να αναπτύσσεται πολύ στη Γηραιά Ήπειρο ενώ στην Αμερική για κάποιους λόγους σταμάτησε.

Από τα κυριότερα συστήματα κομποστοποίησης τα οποία καταγράφηκαν μέχρι το 1970 στον Πίνακα 9 αναφέρονται τα πιο σημαντικά.

Πίνακας 9: Τα κυριότερα συστήματα κομποστοποίησης μέχρι το 1970

Συστήματα	Σύντομη Περιγραφή	Προέλευση
Bangalore(Indore)	Λάκκος 0,6 - 1m βάθος ή σωρός. Χρόνος παραμονής 120 - 180 ημέρες. Επεξεργάζεται οργανικά λύματα	Ινδίες, Ν. Αφρική
Caspari	Συμπιεσμένα απορρίμματα σε κύβους στοιβαγμένα για 30 - 40 ημέρες.	Γερμανία
DANO	Κυλινδρικού σχήματος αντιδραστήρες μήκους DANO 50 m και διαμέτρου 3 - 4 m. Χρόνος παραμονής 1 - 5 ημέρες. Ωρίμανση σε γραμμικούς σωρούς.	Αμερική, Ευρώπη
Earp - Thomas	Αντιδραστήρες τύπου Σιλό με χρόνο παραμονής 2 - 3 ημέρες.	Γερμανία, Ελβετία, Ιταλία, Ελλάδα
Fairfield - Hardy	Κυλινδρικού σχήματος αντιδραστήρες με μηχανική παροχή αέρα.	Αμερική
Metro Waste	Ανοιχτού τύπου αντιδραστήρας, οριζόντιου ορθογώνιου σχήματος διαστάσεων 7 * 3,5 * 130 m, με χρόνο παραμονής 5 ημέρες.	Αμερική

Τη δεκαετία του 1960 δύο Διδάκτορες του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας οι Gottas και Goulke άρχισαν να αναπτύσσουν τη διεργασία του Composting. Την ίδια περίοδο η Επιτροπή Δημόσιας Υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών άρχισε δύο σημαντικές έρευνες για την κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων με βιοστερεά. Η μία έρευνα έγινε στην Florida η άλλη στο Tennessee. Η εφαρμογή του κόμποστ σε καλλιεργήσιμα εδάφη έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα, αυξάνοντας σε ικανοποιητικό επίπεδο την παραγωγή.

Το 1975 το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών αναπτύσσει την μέθοδο αεριζόμενων στατικών σωρών για την κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων.

Το 1976 το Rutgers University New Jersey αναπτύσσει μέθοδο για την κομποστοποίηση των βιοστερεών η οποία είναι γνωστή μέχρι σήμερα ως Rutgers Strategy Rutgers Methods. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται αντιδραστήρας κάθετης ή οριζόντιας ροής. Στο κέντρο του αντιδραστήρα αναπτύσσεται θερμοκρασία που φθάνει τους 65°C, ενώ η υγρασία του συστήματος δεν ξεπερνά το 60%. Υπάρχει μηχανική ανάδευση και αερισμός. Ο χρόνος παραμονής στον αντιδραστήρα κυμαίνεται μεταξύ 15-21 μέρες. Στη συνέχεια το μη ώριμο κόμποστ οδηγείται σε μη γραμμικούς σωρούς για ωρίμανση ή τοποθετείται σε σακούλες. Το τελικό προϊόν είναι έτοιμο για διάθεση μέσα σε 120 ημέρες.

Είναι λοιπόν γνωστό ότι η διαχείριση των απορριμμάτων και των ιλύων, καθώς και η υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών από τη συνεχή χρήση των φυτοφαρμάκων και των χημικών λιπασμάτων είναι ορισμένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες. Η υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών οφείλεται στη συνεχή ελάττωση της οργανικής ουσίας τους και αποδίδεται στο ότι η φυσική κάλυψη των εδαφών αντικαταστάθηκε από καλλιέργειες που τις περισσότερες φορές είναι μονοκαλλιέργειες με

σύντομους κύκλους. Η σύγχρονη γεωργία με τα μέσα που διαθέτει, βελτιώνει προσωρινά τη δομή των εδαφών αυξάνοντας την παραγωγικότητα. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα την γήρανση των εδαφών και κατ' επέκταση την υποβάθμισή τους.

Η ανακύκλωση τόσο όμως του οργανικού κλάσματος που βρίσκονται στα απορρίμματα όσο και της ιλύος (λάσπη) μπορεί να προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, δεδομένου ότι τα βιοαποδομήσιμα συστατικά τους αντί να επιβαρύνουν το περιβάλλον θα δώσουν, έπειτα από αερόβια επεξεργασία οργανοχουμικά υλικά που θα βελτιώσουν τη δομή των υποβαθμισμένων αγροτικών εδαφών.

3.3. Η κατάσταση στην Ελλάδα

3.3.1. Ελληνική Νομοθεσία

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερο-γενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς. Προϊόν της κομποστοποίησης είναι το κόμποστ, το οποίο είναι πλούσιο σε οργανική ουσία με υψηλό χουμικό περιεχόμενο και χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπό-στρωμα. Στους ορισμούς αυτούς, αν και δεν αναφέρεται ρητά, ο όρος βιοξείδωση υποδηλώνει αερόβιες διεργασίες, και συνεπώς το στερεό υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης δεν μπορεί να ονομαστεί κομπόστ, εκτός και αν υποστεί ένα δεύτερο στάδιο αερόβιας σταθεροποίησης. Στο σημείο αυτό δεν θα έπρεπε να υπάρχει σύγχυση, καθώς υπάρχει γενική συμφωνία ότι ο όρος κομπόστ αναφέρεται στο βιοσταθεροποιημένο οργανικό υλικό που προέρχεται από ελεγχόμενες, αερόβιες και θερμοφίλες διεργασίες επεξεργασίας οργανικών υλικών. Αντίθετα, η ποιοτική παράμετρος που ενσωματώνεται στον ορισμό του κομπόστ στην πρόταση Οδηγίας βρίσκεται σε διάσταση με την προσέγγιση των χωρών εκείνων που δεν έχουν προχωρήσει σε εκτεταμένα προγράμματα διαλογής στην πηγή. Η πρόταση Οδηγίας διαφοροποιεί το κόμποστ και την κομποστοποίηση που αναφέρονται μόνο σε διαχωρισμένα στην πηγή βιοαπορρίμματα, από τα σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα (stabilized biowaste) που προέρχονται από την μηχανική / βιολογική επεξεργασία (mechanical / biological treatment – MBT) σύμμεικτων ή υπολειμματικών απορριμμάτων, ακόμη και στην (ελάχιστη πιθανή) περίπτωση που τα τελευταία πληρούν τις ποιοτικές προδιαγραφές του κομπόστ. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα, καθώς οι μοναδικές εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας ΑΣΑ που λειτουργούν ή κατασκευάζονται εφαρμόζουν μηχανική διαλογή σε σύμμεικτα απορρίμματα δηλαδή MBT τεχνολογίες. Άμεση συνέπεια της ψήφισης μιας τέτοιας νομοθεσίας είναι η απαγόρευση χρήσης του υλικού που παράγεται από αυτές τις εγκαταστάσεις και το οποίο σήμερα εμείς ονομάζουμε «κομπόστ» ενώ η προτεινόμενη Οδηγία «σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα», σε αγροτική γη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφών και ζωοτροφών. Η χρήση του υλικού αυτού θα επιτρέπεται μόνο για έργα αποκατάστασης

σε ορυχεία και λατομεία, κάλυψη και αποκατάσταση ΧΥΤΑ, έργα οδοποιίας, κατασκευή πρανών και ηχητικών φραγμάτων, καθώς και σε γήπεδα αθλητικών δραστηριοτήτων, και με περιορισμούς που εγγυάται η κατάλληλη διαδικασία αδειοδότησης της εφαρμογής του στο έδαφος.

3.3.2. Εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή υπάρχουν τέσσερα εργοστάσια κομποστοποίησης εκ των οποίων τα τρία μόνο λειτουργούν. Το τέταρτο απ' αυτά στην Καλαμάτα έχει ολοκληρωθεί από το 1996 και είναι ένα από τα λίγα εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα και του οποίου το κόστος ανήλθε στα 900 εκατ. €. Δυστυχώς, κυρίως, λόγω έλλειψης εμπειρίας, το παραγόμενο κόμποστ δεν είχε την στοιχειακή ποιοτικά σύσταση του λιπάσματος προς αγροτική διάθεση και γι' αυτό το λόγο με εισαγγελική παρέμβαση σταμάτησε η λειτουργία της μονάδας, και ο όγκος των απορριμμάτων περιορίστηκε στην περιοχή της Μαραθόλακας.

Τα τρία εργοστάσια που λειτουργούν είναι αυτά των Άνω Λιοσίων, του νομού Χανίων και το εργοστάσιο της εταιρίας Compost Hellas A.E.

3.3.2.1. Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Απορριμμάτων (ΕΜΑΚ) Α.Λιοσίων

Το εργοστάσιο αυτό λειτουργεί με αστικά στερεά απόβλητα και επεξεργάζεται 1.200tn/d απορρίμματα, 300tn/d ιλύος και 130tn/d κλαδιά/χόρτα. Λειτουργεί αυτοματοποιημένα και με μηχανικά μέσα διαχωρισμού των συστατικών των απορριμμάτων. Τα χρήσιμα υλικά που παράγονται είναι περίπου 350tn/d compost, 360tn/d RDF, 30tn/d σιδηρούχων, 5tn/d αλουμινίου.

3.3.2.2. ΕΜΑΚ Χανίων

Το εργοστάσιο αυτό λειτουργεί επίσης με σύμμικτα απορρίμματα.

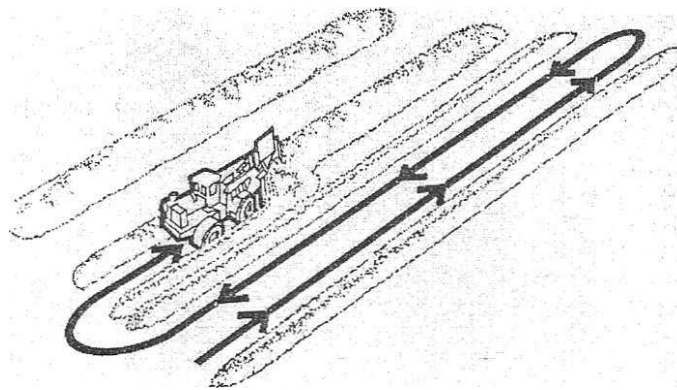
3.3.2.3. Compost Hellas A.E.

Η επιχείρηση ασχολείται με την κομποστοποίηση οργανικών υλών στην Κεφαλονιά από το 1999. Ξεκίνησε ένα πρωτοποριακό πιλοτικό πρόγραμμα λιπασματοποίησης ντόπιων οργανικών υλών και συγκεκριμένα του φυκιού Ποσειδωνία για την παραγωγή φυσικού λιπάσματος. Το παραγόμενο βιολογικό φυσικό λίπασμα "POSIDONIA" COMPOST HELLAS βασίζεται στην ανακύκλωση των φυκιών, που εκβράζονται στις ακτές, από καθαρές θάλασσες της Ελλάδας και επιλεγμένων προϊόντων της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Η παραγωγή του κόμποστ γίνεται σε σειράδια.

3.4. Τεχνική και φυσικοχημικοί παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της κομποστοποίησης

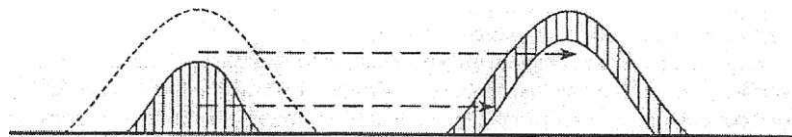
Στην πράξη η αερόβια αποδόμηση των οργανικών υλικών **με τη διαδικασία της** κομποστοποίησης πραγματοποιείται κατά κανόνα σε **σωρούς I σειράδια**), τραπεζοειδούς διατομής με πλάτος βάσης **2 - 3μ.**, ύψος γύρω **στο 1.5 μ. και μήκος** απεριόριστο (**Εικόνα 4**). Πριν τη διαμόρφωση των σωρών, το **προς** αποδόμηση **υλικό**, προετοιμάζεται με τον τεμαχισμό του, αν είναι χονδροειδές υλικό, **και με την** προσθήκη νερού και αζώτου αν είναι απαραίτητα. Στόχος αυτής της **προετοιμασίας** είναι η εξασφάλιση των άριστων κατά το δυνατόν συνθηκών υγρασίας, **θερμοκρασίας** και οξυγόνου, **μαζί με** την επαρκή παρουσία αζώτου, για **την ανάπτυξη της** μικροχλωρίδας που θα προκαλέσει την αποδόμηση του υλικού.

Εικόνα 1:Σχηματική αναπαράσταση σειραδίων κομποστοποίησης και της διαδικασίας αναστροφής τους.



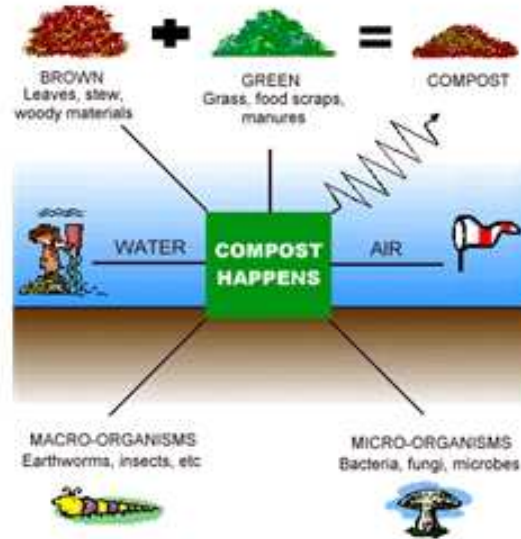
Εικόνα 1. Διάταξη για τη μηχανική στρόφι.

Εικόνα 2. Μέθοδος ανοικοδόμησης σωρού



Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας από τους μικροοργανισμούς είναι το οξυγόνο και η υγρασία. Η θερμοκρασία επίσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, εντούτοις είναι το αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας. Άλλοι περιοριστικοί παράγοντες είναι το pH, τα θρεπτικά και κυρίως ο άνθρακας και το άζωτο. Ο άνθρακας είναι η κύρια πηγή ενέργειας, ενώ το άζωτο είναι απαραίτητο για την κυτταρική σύνθεση. Άλλα στοιχεία απαραίτητα για ενζυμικές λειτουργίες των μικροοργανισμών είναι P, S,

Cu, Ni, Mo, Fe, Mg, Zn, Na, εντούτοις λίγα είναι γνωστά για τη σημαντικότητά τους στη διαδικασία της κομποστοποίησης. Παρακάτω αναλύονται οι κυριότεροι φυσικοχημικοί παράγοντες.



Εικόνα 3. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης.

3.4.1. Μικροχλωρίδα

Η μικροχλωρίδα που πραγματοποιεί την αερόβια βιολογική αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων υπάρχει φυσιολογικά σε αυτά, προέρχεται από το έδαφος, τον αέρα και το νερό και συνεπώς δεν είναι απαραίτητη η επιπλέον προσθήκη μικροβιακού μολύσματος. Τα σημαντικότερα αθροίσματα μικροοργανισμών της κομποστοποίησης είναι τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ακτινομύκητες.

3.4.2. Μέγεθος τεμαχιδίων

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει σημαντικά τη μικροβιακή δραστηριότητα αφού ο πολυτεμαχισμός του σε μικρά τεμάχια αυξάνει την επιφάνεια τη δυνάμενη να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των μικροοργανισμών, αλλά και μειώνει ταυτόχρονα τα κενά του αέρα, με αποτέλεσμα τη γρήγορη επικράτηση αναερόβιων συνθηκών. Ταυτόχρονα, το αρχικό μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει αναλογικά και την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού compost και είναι γνωστό πως αυτό δεν είναι επιθυμητό να είναι σε κατάσταση σκόνης. Από πειράματα που έχουν γίνει, φαίνεται ότι το άριστο μέγεθος των τεμαχιδίων κυμαίνεται ανάμεσα στο 1,5 και 7,5cm κατά προσέγγιση.

3.4.3. Οξυγόνο και αερισμός

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία, επομένως το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη μικροβιακή δραστηριότητα. Τρεις βασικές μέθοδοι αερισμού παρέχουν O_2 κατά την κομποστοποίηση: i) φυσικό γύρισμα της μάζας του κόμποστ, ii) μεταφορά ροής αέρα, iii) μηχανικός αερισμός.

Στην περίπτωση των σειραδιών κομποστοποίησης (windrow method) χρησιμοποιούνται οι δύο πρώτοι τρόποι αερισμού, ενώ στα στατικά συστήματα (static systems) το O_2 παρέχεται με χρήση αεριστήρων ή μεταφερόμενης ροής αέρα (Erstein, 1997).

Οι απαιτήσεις των μικροοργανισμών σε αέρα εξαρτώνται από τη δομή, τον τύπο του αποβλήτου (θρεπτικά), τη θερμοκρασία, το στάδιο της κομποστοποίησης (υψηλότερες απαιτήσεις στα πρώιμα στάδια), τις συνθήκες του σταδίου (υγρασία κ.α.).

Στη βιομηχανία μανιταριών για την προετοιμασία του υποστρώματος ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ένα εντελώς κλειστό σύστημα κομποστοποίησης, που λειτουργεί με ανακύκλωση του αέρα. Σε αυτά τα συστήματα ο εξαντλούμενος αέρας επαναδιοχετεύεται στη μάζα του κόμποστ, και όταν κρίνεται απαραίτητο, είτε για έλεγχο της θερμοκρασίας είτε για πρόληψη ανασταλτικών αερίων, διοχετεύεται φρέσκος αέρας στο σύστημα (Stentiford, 1995).

3.4.4. Υγρασία

Η υγρασία επηρεάζει τη μικροβιακή δραστηριότητα και κατ' επέκταση μπορεί να επηρεάσει τη θερμοκρασία και το ρυθμό αποικοδόμησης. Επιπλέον είναι ικανή να επηρεάσει τη σύνθεση του μικροβιακού πληθυσμού του κόμποστ (Erstein, 1997). Σε πείραμά τους ο Viel et al. (1987), όπως αναφέρεται στον Erstein (1997) αναφέρουν ότι το νερό που παράγεται σαν αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας είναι περισσότερο από το νερό που χάνεται μέσω εξάτμισης. Ένα μεγάλο μέρος της διαδικασίας κομποστοποίησης είναι η απώλεια νερού, σαν αποτέλεσμα της εξάτμισης αυτού. Είναι ευρέως γνωστό ότι αναστολή της μικροβιακής δραστηριότητας συμβαίνει όταν οι τιμές υγρασίας πέσουν κάτω από 30 - 35% (Stentiford, 1995). Η ιδανική υγρασία ενός σωρού κομποστοποίησης κυμαίνεται στο 46-60% του βάρους. Χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία θα επιβραδύνει τη διαδικασία κομποστοποίησης. Επίσης η υγρασία λειτουργεί σαν ρυθμιστικός παράγοντας της θερμοκρασίας. Στεγνοί σωροί τείνουν να θερμαίνονται και να κρυσταλλώνουν γρηγορότερα από τους πιο υγρούς σωρούς, καθιστώντας τους περισσότερο ευάλωτους σε πιθανή ανάφλεξη. Από την άλλη πλευρά υπερβολική υγρασία (>60%) σημαίνει πως οι πόροι του σωρού είναι γεμάτοι με νερό αντί για αέρα, οδηγώντας έτσι σε αναερόβιες συνθήκες (Cooperband, 2002).

Σύμφωνα με τον Schulze (1961), η ιδανική περιεκτικότητα σε υγρασία κυμαίνεται από 50 έως 60%. Οι Wiley & Pierce (1955), όπως αναφέρεται στον Epstein (1997), εκτίμησαν τρεις διαφορετικές περιεκτικότητες σε υγρασία κατά την κομποστοποίηση Αστικών Στερεών Αποβλήτων. Η υψηλότερη θερμοκρασία επιτεύχθηκε σε υγρασία 55-69%. Υγρασία 72-77% οδήγησε στις χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ 40-53% υγρασίας, έδωσε ενδιάμεσες θερμοκρασιακές τιμές.

Η μικροβιακή αποσύνθεση συμβαίνει κυρίως σε μια λεπτή υγρή μεμβράνη (biofilms) στην επιφάνεια των οργανικών τεμαχιδίων. Εάν η περιεκτικότητα σε υγρασία πέσει κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο (<30%), η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται και όλοι οι μικροοργανισμοί πύπτουν σε λανθάνουσα κατάσταση. Από την άλλη πλευρά, όταν η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι πολύ υψηλή (>65%) μπορεί να προκληθεί εξάντληση του O₂ και απώλειες θρεπτικών μέσω στράγγισης. Σαν αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών, η μείωση του ρυθμού αποικοδόμησης και η εμφάνιση προβλημάτων οσμών. Εντούτοις, ακόμα και κάτω από άριστες συνθήκες, μπορεί να υπάρχουν αναερόβια μικροπεριβάλλοντα (Ryckeboer et al., 2003). Ένας κοινός τρόπος επίτευξης υψηλής υγρασίας κατά την κομποστοποίηση είναι η ανάμιξη στερεών αποβλήτων, υψηλής περιεκτικότητας σε C και χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία (π.χ. υπόστρωμα άχυρων - straw bedding), με κοπριά (π.χ. υγρά απόβλητα χοιροστασίου), η οποία είναι πλούσια σε N και χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές υγρασίας.

3.4.5. Θερμοκρασία

Οι αλλαγές στη θερμοκρασία επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη μικροβιακή κοινότητα του κόμποστ. Επιδρά και στα επίπεδα υγρασίας, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τις μικροβιακές κοινότητες. Η σχέση χρόνου - θερμοκρασίας επηρεάζει το ρυθμό αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας και για αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική για την παραγωγή ενός σταθερού και ώριμου για χρήση προϊόντος. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην κομποστοποίηση αντανακλάται και από τις κατηγορίες των μικροοργανισμών που επικρατούν στις διάφορες φάσεις της κομποστοποίησης (μεσόφιλοι - θερμοφιλοι μικροοργανισμοί κ.α.)

Εφόσον η κατανάλωση οξυγόνου είναι λειτουργία της μικροβιακής δραστηριότητας, όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός αυτής της κατανάλωσης τόσο περισσότερο πλησιάζουμε τη βέλτιστη θερμοκρασία αποικοδόμησης. Οι Jeris & Regan (1973c) ανέφεραν ότι η βέλτιστη θερμοκρασία αποικοδόμησης για τα αστικά στερεά απόβλητα ήταν κοντά στους 60 °C, ενώ ο Schulze (1961) τους 65-70 °C, όπως αναφέρεται στον Epstein (1997).

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται με αερισμό του υλικού. Ο αερισμός μπορεί να είναι ασυνεχής (με αναστροφή των σωρών) ή συνεχής (με διοχέτευση αέρα μέσα στη μάζα του υλικού). Στην πρώτη

περίπτωση παρατηρείται μια πρόσκαιρη πτώση της θερμοκρασίας η οποία γρήγορα επανέρχεται σε υψηλά επίπεδα. Στη δεύτερη περίπτωση η θερμοκρασία διατηρείται σταθερά στα επιθυμητά επίπεδα, με μειονέκτημα την όχι ομοιόμορφη κατανομή του αέρα στη μάζα του υλικού (Γεωργακάκης, 2009).

3.4.6. Θρεπτικά στοιχεία

I. Άνθρακας (C)

Ο C παρέχεται στη μικροβιακή κοινότητα από την αποικοδόμηση των φυτικών, ζωικών ή/και ανθρώπινων αποβλήτων και χρησιμοποιείται για την κυτταρική αύξηση. Κατά τη μικροβιακή δραστηριότητα το CO₂ της αναπνοής αυξάνει και εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Ο άμεσα διαθέσιμος C καταναλώνεται αρχικά. Καθώς η κομποστοποίηση προχωρά, ο ρυθμός παραγωγής CO₂ μειώνεται ως αποτέλεσμα της μειούμενης μεταβολικής δραστηριότητας και του διαθέσιμου άνθρακα. Αυτό που έχει σημασία, είναι ο άνθρακας που είναι διαθέσιμος για τους μικροοργανισμούς, και όχι ο ολικός άνθρακας που εμπεριέχεται στο υλικό.

II. Άζωτο (N)

Το άζωτο αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της μικροβιακής ανάπτυξης. Εάν το N είναι περιορισμένο η αποικοδόμηση θα προχωρήσει αργά. Σε περίσσεια, μπορεί να χαθεί με τη μορφή της πτητικής αμμωνίας ή μέσω της μετατροπής της σε νιτρικά. Οι μικροοργανισμοί χρειάζονται το N για την πρωτεϊνοσύνθεση. Εξαιτίας της ταχείας υδρόλυσης της ουρίας και της απομάκρυνσης των αμινών από τα μη ενσωματωμένα πεπτίδια, η αμμωνία αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή αζώτου που είναι διαθέσιμη στα υλικά κομποστοποίησης και μπορεί να λειτουργήσει ως υπόστρωμα για νιτροποίηση. Το N επίσης αποτελεί πρωταρχικό θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά, η συγκέντρωσή του επομένως επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό και την αξία του κόμποστ σαν εδαφοβελτιωτικό προϊόν (Rynk, 1962).

III. Ο λόγος C/N

Η παροχή του άνθρακα σε σχέση με το άζωτο είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος ποιότητας του προς κομποστοποίηση αρχικού υλικού. Αυτή η σχέση χαρακτηρίζεται σαν λόγος C:N. Συνήθως η ιδανική τιμή αυτού του λόγου κυμαίνεται από 25:1 - 35:1. Εάν ο λόγος είναι μεγαλύτερος από 20:1, οι μικροοργανισμοί θα χρησιμοποιήσουν όλο το διαθέσιμο N για τις μεταβολικές τους ανάγκες. Εάν ο λόγος πέσει κάτω από 20:1, υπάρχει περίσσεια N το οποίο μπορεί να διαφύγει στην ατμόσφαιρα υπό τη μορφή αμμωνίας και να προκαλέσει προβλήματα δυσάρεστων οσμών. Σε τιμές που ξεπερνούν το 50:1 η κομποστοποίηση επιβραδύνεται εξαιτίας της ταχείας κυτταρικής ανάπτυξης και παράλληλης εξάντλησης του διαθέσιμου N. Αυτό οδηγεί σε μειωμένη κυτταρική ανάπτυξη. Καθώς τα κύτταρα αποπίπτουν, οι αποθήκες αζώτου τους γίνονται διαθέσιμες για τα ζώντα κύτταρα (Bishop & Godfrey, 1983 όπως αναφέρεται στον

Epstein, 1997).

Τα πράσινα απορρίμματα συνήθως έχουν χαμηλότερες τιμές λόγου C:N σε σχέση με τα υλικά που έχουν ως βάση το ξύλο ή τα νεκρά φύλλα. Τα ζωικά απόβλητα είναι πλουσιότερα σε N σε σχέση με τα φυτικά απόβλητα (Cooperband, 2002).

3.4.7. pH

Η οξύτητα ή αλκαλικότητα των οργανικών υλικών, μετρούμενη με την τιμή του pH, επηρεάζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Οι βακτηριακοί αποικοδομητές προτιμούν εύρος τιμών pH 6.0 - 7.5 , ενώ οι μύκητες προτιμούν pH 5.5-8.0. Η διαδικασία της κομποστοποίησης προχωρά βέλτιστα σε pH μεταξύ 6.5 - 8.0, εντούτοις επιτυχής κομποστοποίηση παρατηρείται και σε μεγαλύτερος εύρος τιμών pH, εξαιτίας της φυσικής ρύθμισης της οξύτητας του κόμποστ. Όταν το pH του κόμποστ ξεπερνά το 7.5, είναι πολύ πιθανή η απώλεια της πτητικής αμμωνίας (Rynk, 1992). Το pH επιδρά και στις θερμοκρασιακές συνθήκες του κόμποστ. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, επιτυγχάνονται σε εύρος pH 6.5 - 9.6 (Epstein, 1997).

Πίνακας 10:Συγκεντρωτική παρουσίαση των ιδανικών συνθηκών για ταχεία αερόβια αποικοδόμηση κατά την κομποστοποίηση (προσαρμοσμένο από Cooperband, 2002).

Συνθήκες	Αποδεκτές τιμές	Άριστες τιμές
Λόγος C:N	20 - 40:1	25 - 35:1
Υγρασία	40 - 65%	45 - 60%
Διαθέσιμη συγκέντρωση οξυγόνου	>5%	>10% ή/και περισσότερο
Μέγεθος μορίων του σωρού	<2.54 cm(1 ίντσα)	Ποικίλο
pH	5.5- 9.0	6.5- 8.0
Θερμοκρασία	43 - 66 °C	54 - 60 °C

3.5. Συστήματα Κομποστοποίησης

Τα εν δυνάμει συστήματα κομποστοποίησης συνοψίζονται στον Πίνακα 11

Πίνακας 11:Συστήματα κομποστοποίησης (Προσαρμοσμένο από Leege, 1995).

Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3	Ομάδα 4	Ομάδα 5
Ανοιχτοί Σωροί	Ανοιχτά σειράδια και σωροί	Καλυμμένοι σωροί και σήραγγες(tunnels)	Καλυμμένα σειράδια και τάφροι	Καλυμμένες σήραγγες και Συστήματα σωλήνων
Αδιατάραχτοι,χωρίς κανένα χειρισμό	Γύρισμα και διαδροχή	Στατικός αερισμός,με έλεγχο της θερμοκρασίας και ρύθμιση της υγρασίας	Γύρισμα και αερισμός με έλεγχο της θερμοκρασίας και ρύθμιση υγρασίας	Γύρισμα και αερισμός με έλεγχο της θερμοκρασίας και ρύθμιση της υγρασίας

Από πολλούς η ομάδα 1 δε θεωρείται σύστημα κομποστοποίησης. Αυτό το σύστημα δε μειώνει τα παθογόνα και ουσιαστικά είναι αναερόβια μέθοδος. Στις ομάδες 3 έως 5 εφαρμόζεται μηχανικός αερισμός. Αερισμός με γυρίσματα συναντάται μόνο στην ομάδα 2.

Κεφάλαιο 2. Υλικά και μέθοδοι

1. Προέλευση πρώτων υλών

Οι κοπριές χοίρων προήλθαν από τις εγκαταστάσεις της Creta Farms, τα κλαδοκάθαρα από το δήμο Ηρακλείου και οι ποσότητες κασιγάρου από τα ελαιοτριβεία των Αγίων Δέκα, Αγίων Παρασκιών και Αρκαλοχωρίου.

2. Παρασκευή του σωρού κομποστοποίησης

Στο παρόν πείραμα κατασκευάστηκε ένας σωρός αναμειγμένων 5 τόνων κοπριών χοίρων με 5 τόνους κλαδοκάθαρων, με ύψος 1.1 μέτρων, πλάτους 2.4 μέτρων και μήκους περίπου 10 μέτρων στο χώρο που βρίσκονται τα θερμοκήπια του αγροκτήματος των Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Στην αρχή τοποθετήθηκαν στο έδαφος οι 5 τόνοι των κλαδοκάθαρων και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν πάνω τους οι 5 τόνοι κοπριών χοίρων. Έπειτα, αναμείχθηκαν από τον αναδευτήρα, ο οποίος διαμόρφωσε το σειράδιο.



Εικόνα 2: Προσθήκη επιπλέον κλαδοκάθαρων στο σειράδιο



Εικόνα 1: Μορφή σειραδίου

3.Αναδεύσεις

Αναδεύσεις πραγματοποιούνται όποτε κρινόταν σκόπιμο ανάλογα με τον καιρό ή τη πορεία του σειραδίου και των φυσικοχημικών παραγόντων(Πίνακας 1) με τον αυτοκινούμενο αναστροφέα σειραδίων κομποστοποίησης μάρκας Backhus 16.30,πραγματοποιώντας δύο ή τρία περάσματα σε κάθε ανάδευση.



Εικόνα 3:Ανάδευση

3.1. Αναδεύσεις σειραδίου με διαβροχή με απόβλητα ελαιτριβείων(κατσίγαρος)

Κατά την μέτρηση της υγρασίας των δειγμάτων που συλλέγαμε, όταν παρατηρούταν πτώση στα ποσοστά, στην επόμενη ανάδευση γινόταν διαβροχή του σειραδίου (Εικόνα 4)με μια ορισμένη ποσότητα που κυμαίνονταν μεταξύ 250 και 1000 λίτρων.(Πίνακας 1) .Μετά από κάθε ανάδευση με ή χωρίς διαβροχή με κατσίγαρο, ακολουθούσε η δειγματοληψία.



Εικόνα 4: Διαβροχή με κατσίγαρο

4. Δειγματοληψία



Εικόνα 5: Δειγματοληψία

Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε 17 αναστροφές του σειραδίου. Ελήφθησαν 3 δείγματα περίπου 2 κιλών από 3 διαφορετικά σημεία του σειραδίου. Αναλυτικά το ημερολόγιο των δειγματοληψιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 Ημερολόγιο δειγματοληψιών και αναστροφών

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Χρόνος κομποστοποίησης(ημέρες)	Σχόλια
19/12/2011	0	Εγκατάσταση
23/12/2011	5	1 ^η Αναστροφή
30/12/2011	12	2 ^η Αναστροφή
12/1/2012	25	3 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 1 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
23/1/2012	42	4 ^η Αναστροφή
3/2/2012	53	5 ^η Αναστροφή
6/2/2012	56	6 ^η Αναστροφή
10/2/2012	60	7 ^η Αναστροφή
13/2/2012	63	8 ^η Αναστροφή
15/2/2012	65	9 ^η Αναστροφή
20/2/2012	70	10 ^η Αναστροφή
29/2/2012	79	11 ^η Αναστροφή
20/3/2012	99	12 ^η Αναστροφή
24/4/2012	134	13 ^η Αναστροφή
26/4/2012	136	14 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 1 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
22/5/2012	162	15 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 1 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
15/6/2012	186	16 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 0.3 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα
22/6/2012	193	17 ^η Αναστροφή και διαβροχή με 0.25 m ³ κασίγαρου από Αγ. Δέκα

Στην τέταρτη ανάδευση ελήφθησαν ένα δείγμα πριν και ένα μετά την ανάδευση.

5. Μελέτη Φυσικοχημικών Παραμέτρων

5.1. Παρακολούθηση θερμοκρασίας

Καθ' όλη τη διάρκεια της κομποστοποίησης η θερμοκρασία παρακολουθείτο σχεδόν καθημερινά, σε τρία τυχαία σημεία του σειραδίου με χρήση θερμομέτρου κλασσικού τύπου(Εικόνα 6). Το θερμόμετρο τοποθετείτο έως τη μέση του σωρού και υπήρχε μια αναμονή περίπου 10 λεπτών έως ότου σημειωθεί η θερμοκρασία, για τη σταθεροποίηση αυτής. Επίσης, πριν τη μέτρηση της θερμοκρασίας του σειραδίου σημειωνόταν και η θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Εικόνα 6: Ηλεκτρονικό θερμόμετρο κλασσικού τύπου συνδεδεμένο με ράβδο με αισθητήρα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας

5.2 Προσδιορισμός υγρασίας

5.2.1. Εισαγωγή

Ο προσδιορισμός-μέτρηση της υγρασίας σε υλικά προς κομποστοποίηση ή δείγματα κόμποστ αποσκοπούσε στο να εκτιμηθεί κατά πόσο η έλλειψη ή περίσσεια νερού αποτελούσε περιοριστικό παράγοντα στη διαδικασία. Όπως έχει επισημανθεί υγρασία κάτω από το 45 % δημιουργεί πρόβλημα στους μικροοργανισμούς που αποδομούν την οργανική ουσία, ενώ υγρασία πάνω από το 70 % δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες. Σκοπός του πειράματος είναι να παρουσιάσει την υγρασία στο υλικό του πειράματος που κομποστοποιείται.

5.2.2. Συσκευές

Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της υγρασίας είναι:

- Φούρνος Ξήρανσης ρυθμισμένος στους 105 °C.(Εικόνα 8)
- Πυρίμαχες κάψες(Εικόνα 7)
- Ζυγαριά(Εικόνα 7)



Εικόνα 7: Πυρίμαχη κάψα πάνω στη ζυγαριά



Εικόνα 8: Φούρνος Ξήρανσης

5.2.3. Διαδικασία

- Τεμαχίσαμε το υλικό μας σε όσο το δυνατόν μικρότερα τεμάχια με προσοχή να μην αλλοιώναμε τα χαρακτηριστικά του.
- Ζυγίσαμε τις κάψες άδειες, στεγνές και καθαρές (τιμή Α).
- Τοποθετήσαμε μικρή ποσότητα δείγματος στην κάθε κάψα στην οποία και σημειώσαμε με κάποιο κωδικό το υλικό που μετρήσαμε.
- Ξαναζυγίσαμε τις κάψες (τιμή Β).
- Τοποθετήσαμε την κάψα στο φούρνο στους 105 °C για 24 ώρες. Βγάλαμε τις κάψες από το φούρνο και τις αφήσαμε σε ειδικά δοχεία για όση ώρα χρειαζόταν ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Ζυγίσαμε τις κάψες (τιμή Γ).

5.2.4. Υπολογισμοί

Η υγρασία υπολογίζεται με την εξίσωση:

$$Y(\%) = \frac{\Gamma - \Lambda}{\text{B} - \Lambda} * 100$$

5.3. Προετοιμασία δειγμάτων για αναλύσεις

Μετά τη δειγματοληψία, επειδή ο ιστός που έρχεται από τη δειγματοληψία δεν είναι έτοιμος για ανάλυση, σε μία μεγαλύτερη πυρίμαχη κάψα από αυτή που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της υγρασίας, τοποθετήσαμε μία μικρή ποσότητα από κάθε δείγμα και στη συνέχεια τη τοποθετούσαμε στον φούρνο ξήρανσης για τουλάχιστον 72 ώρες για να απομακρυνθεί η υγρασία. Αφού ξηρανόταν το δείγμα, το αλέθαμε στο μύλο άλεσης του εργαστηρίου (Εικόνα 9) και συγκεντρώναμε περίπου 150 gr σκόνη δείγματος την οποία ποσότητα χρησιμοποιούσαμε για τον προσδιορισμό όλων των φυσικοχημικών παραμέτρων.



Εικόνα 9: Μύλος αλέσεως

5.4. Προσδιορισμός pH και Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (Electrical Conductivity, EC) σε οργανικό υλικό.

5.4.1. PH

Είναι γνωστό ότι με το pH εκφράζουμε τη συγκέντρωση των ιόντων H^+ και OH^- . Το pH επηρεάζει έμμεσα την αποδόμηση του υλικού 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, πριν από την έναρξη της εφαρμογής του Composting, δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελεύθερης αμμωνίας.

5.4.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Με την αγωγιμότητα (E.C.) εκφράζουμε τη 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.

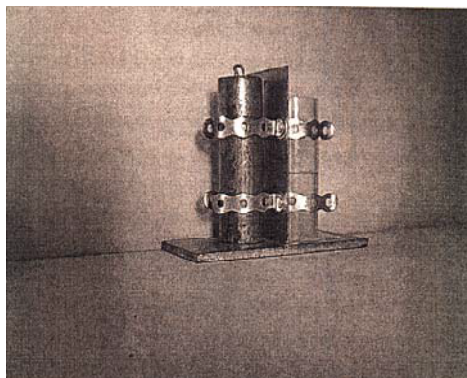


Εικόνα 10: Συσσκευή μέτρησης PH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας

5.4.3. Τεχνική : Προσδιορισμός PH και EC με νερό στην αναλογία 1:1 ½

I. Υλικά και Όργανα

- Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου 42mm ($\pi r^2 = 13,85\text{cm}^2$) και ύψος 58mm, με χωρητικότητα 80cm^3 .(Εικόνα 11)
- Βαρύδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους 1385 ($0,1\text{kg}/\text{cm}^2$).
- Πλαστικό ποτήρι ζέσεως
- Πορσελάνινο χωνί Buchner
- Πεχάμετρο – Αγωγιμόμετρο(Εικόνα 10)



Εικόνα 11: Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου με Βαρύδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους

II. Εκτέλεση

- Αρχικά με την προσθήκη νερού στο υπόστρωμα φέραμε μακροσκοπικά την υγρασία του σε $pF=1,5$ (εμπειρικά).
- Τοποθετήσαμε τους δύο κυλίνδρους στη βάση τους και γεμίσαμε τον κάτω (μικρό κύλινδρο) και μέχρι τη μέση του επάνω (μεγάλο κύλινδρο).
- Τοποθετήσαμε το βαρύδιο (βάρους 1385g) και μετά κόψαμε με μαχαίρι τον κάτω κύλινδρο και τον αδειάσαμε σε πλαστικό ποτήρι
- Προσθέσαμε 120mL απιονισμένο νερό (αναλογία 1: 1 ½ κατ' όγκο) και ανακατεύσαμε επί 15 min . Αφήσαμε το δείγμα μέσα στο νερό για 2h.
- Τοποθετήσαμε διηθητικό χαρτί σε πορσελάνινο χωνί Buchner και διηθήσαμε όλη νύχτα.
- Στο διήθημα μετρήσαμε pH και αγωγιμότητα.

5.5. Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl

5.5.1. Εισαγωγή

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



Το θειικό αμμώνιο σε θερμό αλκαλικό περιβάλλον διασπάσθηκε και παράχθηκε αμμωνία, η οποία ψύχθηκε και διαβιβάστηκε σε διάλυμα βορικού οξέος όπου δεσμεύτηκε με την μορφή βορικού αμμωνίου. Ακολούθησε ογκομέτρηση με θειικό οξύ. Ο όγκος του προτύπου διαλύματος HCl που καταναλώθηκε μετατράπηκε σε ποσότητα αζώτου. Οι αντιδράσεις παραγωγής και δέσμευσης της αμμωνίας έχουν ως εξής:



5.5.2. Τεχνική μεθόδου Kjeldahl

I. Υλικά και Όργανα

- Αναλυτική ζυγαριά
- Συσκευή Kjeldahl(Εικόνα 12)
- Προχοίδα των 50mL με διαβάθμιση 0,05mL(Εικόνα 13)
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Ποτήρια ζέσεως των 250mL
- Σύστημα απόσταξης Varodest(Εικόνα 14)



Εικόνα 12:Συσκευή Kjeldahl



Εικόνα 13:Προχοίδα των 50mL



Εικόνα 14: Σύστημα απόσταξης VaroDest

II. Αντιδραστήρια

1) Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) 95-98% - Sulphuric acid

2) Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 1N- Sulphuric acid

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστίθενται περίπου 800mL νερό και
- 28mL πυκνό H_2SO_4 .
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

3) Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 0,05N- Sulphuric acid

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστίθενται 800mL νερό και
- 50mL διαλύματος (H_2SO_4) 1N
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

I. Εκτέλεση

- Η συσκευή αποτελείται από δύο τμήματα : το μηχάνημα της πέψης (Kjeldahl Digestion Instrument) και το σύστημα απόσταξης VaroDest.
- Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν προετοιμασμένα σύμφωνα με τη διαδικασία προετοιμασίας που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο δείγματος (χώμα, φυτικός ιστός, κομπόστ κ.α).
- Σε αναλυτική ζυγαριά ζυγίστηκε συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος (πίνακας 1) με χρήση χαρτιού ζυγίσματος και τοποθετήθηκε στην ειδική κυλινδρική φιάλη της συσκευής, χωρητικότητας 250mL περίπου.
- Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα εξής αντιδραστήρια:
- 20mL $H_2SO_{4(π)}$ (το ρίξαμε στα τοιχώματα της φιάλης και όχι απ' ευθείας στα δείγματα για να μην αφρίσουν)και

- 2 Kjeltabs
- Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε 7 φορές με χρήση δείγματος και 1 φορά χωρίς να τοποθετηθεί δείγμα. Έτσι στο τέλος ήταν έτοιμες 8 φιάλες.
- Η φιάλη χωρίς δείγμα αποτελούσε το «τυφλό» δείγμα.
- 66mg Methyl red
- Ακολουθεί ανάδευση.

Πίνακας 2: 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 τοποθετήθηκαν στη συσκευή όπου έγινε πέψη και πραγματοποιήθηκαν τα εξής:
- Ανοίχτηκε η βρύση.
- Κλείστηκαν οι φιάλες με τα ειδικά πώματα και ανοίχτηκε η συσκευή.
- Η θερμοκρασία ρυθμίστηκε πατώντας το κουμπί set και χρησιμοποιώντας τα βελάκια ταυτόχρονα.
- Το πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου που ακολούθησε φαίνεται στον πίνακα 2.
- Αφού τελειώσει το πρόγραμμα σηκώσαμε τα φιαλίδια χωρίς να απομακρύνουμε τα πώματα και τα παρκάραμε σε ειδική θέση. Αυξήσαμε τη ροή της βρύσης να φύγουν εντελώς οι ατμοί και να κρυσώσουν 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.

Πίνακας 3: 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	
	30	120-150	Για να μη σχηματιστεί αφρός.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Χώμα ▪ Λάσπη 	90	420	1 ^ο μέρος οξείδωσης στα 45 min και 2 ^ο μέρος στα επόμενα 45min.

- Στη συνέχεια μεταφερθήκαμε στο σύστημα απόσταξης VaroDest όπου παγιδευόταν το άζωτο με τη μορφή αμμωνίας μέσα σε βορικό οξύ.
- Προσέχαμε η φιάλη του απιονισμένου νερού και η φιάλη του NaOH 32% να έχουν ικανή ποσότητα για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία.
- Ανοίγαμε τη βρύση.
- Η συσκευή άνοιγε και περιμέναμε να δείξει P.
- Εντωμεταξύ, σε ποτήρι ζέσεως το 250mL προστέθηκαν 50mL από το διάλυμα του βορικού οξέος και 3-4 σταγόνες δείκτη Kjeldahl και τοποθετήθηκε σε ειδική θέση μέσα στη συσκευή.
- Η κυλινδρική φιάλη με το δείγμα τοποθετήθηκε σε ειδική θέση στη συσκευή.
- Όταν η ένδειξη στην οθόνη ήταν P, πατούσαμε το run και ξεκινούσε το πρόγραμμα.
- Όταν τελειωνε, αν είχε παραμείνει υγρό στη φιάλη, πατούσαμε empty για να φύγει.
- Τέλος παίρναμε το ποτήρι και τιτλοδοτούσαμε με διάλυμα H₂SO₄ 0,05N και καταγράφαμε τον όγκο που καταναλώθηκε.
- Απομακρύναμε την κυλινδρική φιάλη φορώντας γάντι και τοποθετούσαμε νέο δείγμα και νέο ποτήρι με βορικό.
- Όταν τελειώναμε με τα δείγματα κλείναμε τη βρύση.

II. Υπολογισμός του αποτελέσματος

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

$$\alpha. \quad \%N = \frac{1.4 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε } g}$$

$$\beta. \quad \text{mgN/L} = \frac{1400 * c * (V - Vb)}{\text{Όγκος δείγματος σε mL}}$$

$$\gamma. \quad \text{mgN/Kg ή ppmN} = \frac{1400 * c * (V - Vb)}{\text{Βάρος δείγματος σε } g}$$

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.

5.6. Προσδιορισμός του οργανικού C

5.6.1. Εισαγωγή

Για τον προσδιορισμό του C σε οργανικά υλικά (π.χ. compost, φυτικό ιστό) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ξηρής καύσης. Με την καύση προσδιορίζεται η οργανική ουσία ενώ ο C από το πηλίκο της οργανικής ουσίας με το συντελεστή 1,8. Ο συντελεστής αυτός προέκυψε από μελέτες όπου φάνηκε ότι, σε αυτού του τύπου τα υλικά, ο C αποτελεί το 45 -50% της οργανικής ουσίας. Η ίδια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας στο έδαφος.

5.6.2. Τεχνική μεθόδου Ξηρής Καύσης

I. Υλικά και Όργανα

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήσαμε είναι:

- Αναλυτικός ζυγός (Εικόνα 15)
- Φούρνος Αποτέφρωσης(Εικόνα 16)

- Κάψες πορσελάνης(Εικόνα 17)



Εικόνα 15:Αναλυτικός ζυγός



Εικόνα 16:Φούρνος αποτέφρωσης



Εικόνα 17:Κάψες πορσελάνης

II. Εκτέλεση

- Μετά το άλεσμα (βλ. προετοιμασία φυτικού ιστού για ανάλυση) μέρος του δείγματος τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 90-105°C για τουλάχιστον 2h προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως η υγρασία.
- Αμέσως μετά ζυγίστηκαν σε κάψα πορσελάνης περίπου 2-3gr από το δείγμα και η ακριβής μέτρηση καταγράφηκε.
- Στη συνέχεια η κάψα τοποθετήθηκε στον φούρνο αποτέφρωσης στους 600°C για 16 ώρες περίπου ή μέχρι σταθερού βάρους.
- Ζυγίστηκε η τέφρα και προσδιορίστηκε το ποσοστό % στο ξηρό δείγμα.

III. Υπολογισμός του αποτελέσματος

Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας εφαρμόζεται ο ακόλουθος τύπος:

$$\text{Οργανική ουσία\%} = 100 - \text{Τέφρα\%}$$

ενώ για τον υπολογισμό του οργανικού C εφαρμόζεται ο τύπος:

$$C\% = \frac{100 - \text{Τέφρα\%}}{1,8}$$

5.7. Προσδιορισμός αφομοιώσιμου καλίου στο έδαφος

5.7.1. Εισαγωγή

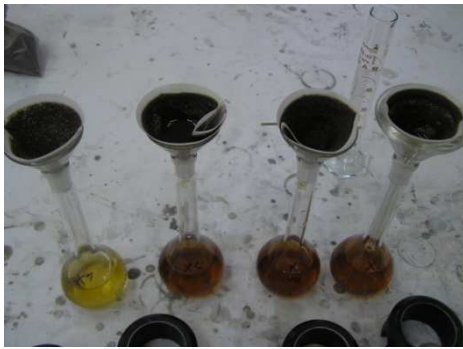
Το Κάλιο - K είναι ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών και το προσλαμβάνουν από το έδαφος (σε μικρότερες όμως ποσότητες από το Ca και το N). Το 99% του ολικού K στο έδαφος είναι μη αφομοιώσιμο. Στην παρακάτω μέθοδο προσδιορίζεται το αφομοιώσιμο K στο έδαφος αυτό δηλαδή που μπορούν να αξιοποιήσουν τα φυτά για την ανάπτυξη τους. Το αφομοιώσιμο K απαντάται σε δύο μορφές:

- i. το ανταλλάξιμο, το οποίο είναι προσροφημένο στα κολλοειδή τεμαχίδια του εδάφους.
- ii. το υδατοδιαλυτό, που βρίσκεται με τη μορφή ιόντων στο εδαφικό διάλυμα. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περιλαμβάνει εκχύλιση των δειγμάτων με οξικό αμμώνιο οπότε εκχυλίζονται από το έδαφος το ανταλλάξιμο και το υδατοδιαλυτό κλάσμα Καλίου. Η μέτρηση γίνεται με χρήση φλογοφωτόμετρου.

5.7.2. Τεχνική μεθόδου οξικού αμμωνίου

I. Υλικά και όργανα

- Αναλυτικός ζυγός
- Σιφόνια
- Ογκομετρικές φιάλες των 100mL (Εικόνα 18)
- Χωνιά και φίλτρα Whatman N^o 41
- Φυγόκεντρος (Εικόνα 19)
- Φλογοφωτόμετρο (Εικόνα 20)



Εικόνα 18: Ογκομετρικές φιάλες



Εικόνα 19: Φυγόκεντρος



Εικόνα 20: Φλογοφωτόμετρο

II. Αντιδραστήρια

1) Διάλυμα οξικού αμμωνίου $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ IN με $\text{pH} = 7$ - Ammonium acetate

Παρασκευή: Για ένα λίτρο διαλύματος:

- προσθέτονται σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL 77g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ και συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή.

2) Πρότυπο διάλυμα K 1000ppm χρησιμοποιώντας χλωριούχο Κάλιο (KCl)-

- Potassium chloride. Παρασκευή:
- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL προστέθηκε 1,9068g KCl και συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή.
- Φυλάχθηκε σε φιάλη από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία δωματίου.

5.7.3. Εκτέλεση

- Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν προετοιμαστεί σύμφωνα με τις οδηγίες «προετοιμασία δειγμάτων εδάφους για αναλύσεις».
- Σε ειδική φιάλη της φυγοκέντρου ζυγίστηκαν 5gr εδάφους.
- Στη συνέχεια προστέθηκαν 33mL του διαλύματος οξικού αμμωνίου και φυγοκεντρήθηκαν.
- Η φυγόκεντρος ήταν ρυθμισμένη στις 4000 στροφές.
- Το εκχύλισμα διηθήθηκε με φίλτρο Whatman N° 41 και το διήθημα εκλούστηκε σε ογκομετρική φιάλη των 100mL.
- Στο ίδιο δείγμα έγινε προσθήκη 33mL διαλύματος οξικού αμμωνίου, φυγοκέντρωση και διήθηση για δύο φορές ακόμα.
- Στη συνέχεια συμπληρώθηκε νερό στη φιάλη μέχρι τη χαραγή.
- Το εκχύλισμα φυλάχθηκε στο ψυγείο και έγινε στη συνέχεια η μέτρηση στο φλογοφωτόμετρο.

5.7.3.1. Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του K στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετράται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και καταγράφονται οι τιμές που δίνουν στο φλογοφωτόμετρο. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων και είναι μια ευθεία. Παρασκευάζονται λοιπόν, διαλύματα πρότυπα των 10, 25, 50, 75, 100ppm K⁺.

- Σε ογκομετρικές φιάλες του 1L προστίθενται αντίστοιχα 10, 25, 50, 75, 100mL από το πρότυπο διάλυμα .
- Στη συνέχεια συμπληρώνεται κάθε φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.
- Τα διαλύματα φυλάσσονται σε φιάλες πολυαιθυλενίου και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για όσο διάστημα χρειαστούν.

5.7.3.2. Τρόπος χρήσης του φλογοφωτόμετρου.

- Άνοιγμα – Μέτρηση
- Γεμίζαμε με απιονισμένο νερό το σωληνάκι (πίσω).
- Γεμίζαμε ένα ποτήρι ζέσεως με απιονισμένο νερό και το τοποθετούσαμε στη θέση του δειγματολήπτη με το σωληνάκι δειγματοληψίας μέσα σε αυτό. Προσέχαμε ώστε το σωληνάκι δειγματοληψίας να είναι πάντα βυθισμένο σε κάποιο υγρό είτε είναι δείγμα είτε είναι νερό καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του οργάνου.

- Ελέγχουμε εάν το όργανο και η αντλία αέρα ήταν στην πρίζα.
- Ανοίγαμε τη φιάλη προπανίου και την αντλία αέρα.
- Ανοίγαμε τη συσκευή και περιμέναμε να δείξει το μανόμετρο της φιάλης 2,2bar. Αν όχι, το ρυθμίζαμε.
- Επιλέγαμε το φίλτρο να είναι στη θέση K αν μετρούσαμε Κάλιο και Na αν μετρούσαμε Νάτριο.
- Τον διακόπτη course τον βάζαμε στη θέση 2 εκτός εάν δε μας επιτρεπόταν να κάνουμε τη βαθμονόμηση του μηχανήματος.
- Αφήναμε το όργανο για περίπου 30min να λειτουργήσει.
- Στη συνέχεια, χρησιμοποιούσαμε σαν δείγμα απιονισμένο νερό και με τον διακόπτη **blank** ρυθμίζαμε ώστε η ένδειξη να είναι μηδέν.
- Έπειτα, χρησιμοποιούσαμε το πρότυπο διάλυμα των 100ppm K και με τον διακόπτη **fine** ρυθμίζαμε την ένδειξη να είναι 100.
- Επανατοποθετούσαμε στη θέση του δείγματος το απιονισμένο νερό για λίγη ώρα να καθαρίσει το όργανο. Παρατηρούσαμε ότι η ένδειξη του μηχανήματος ήταν μηδέν.
- Ξεκινούσαμε να μετράμε με τα standards διαλύματα με σειρά από τη μικρότερη συγκέντρωση στη μεγαλύτερη (πχ.10, 25,50,75ppm) και παίρναμε τις μετρήσεις.
- Ξεπλέναμε εκ νέου με απιονισμένο και μετά μετρούσαμε τα δείγματα μας χωρίς τη χρήση απιονισμένου ενδιάμεσα.
- Κλείσιμο
- Δουλεύαμε με δείγμα απιονισμένο νερό πριν το κλείσιμο αρκετά
- Κλείναμε τη φιάλη
- Περιμέναμε να σβήσει το flame on
- Κλείναμε την αντλία αέρα.
- Κλείναμε το όργανο.

5.7.4. Υπολογισμός του αποτελέσματος

Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του K των διαλυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συγκέντρωσης και απορρόφησης (Σχήμα 1). Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή:

$$y = \alpha x + \beta$$

όπου: y = η ένδειξη φλογοφωτόμετρου

x = συγκέντρωση του διαλύματος

α = η κλίση της ευθείας και

β = η τετμημένη επί την αρχή

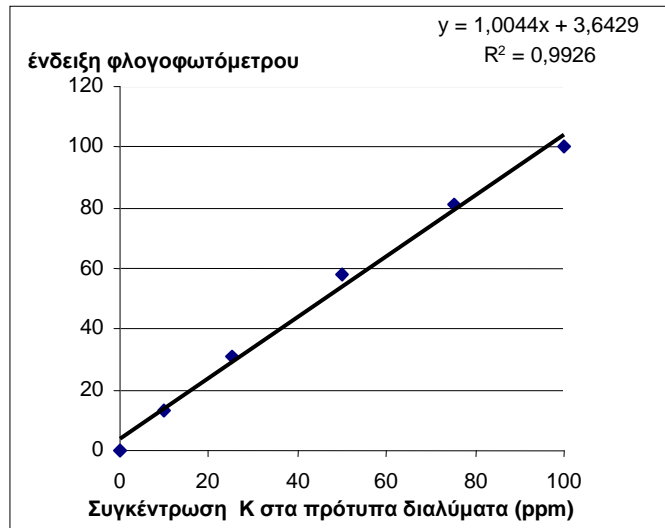
Η γραμμική τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της ένδειξης του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98).

Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι, λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x :

$$x = \frac{y - \beta}{\alpha}$$

όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει έτοιμα το πρόγραμμα, το y είναι η τιμή που μετρήσαμε).

Σχήμα1: Η ευθεία που σχηματίζεται από τις ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων.



Οι συγκεντρώσεις του Κ που υπολογίζονται με αυτό τον τρόπο είναι σε ppm στο εκχύλισμα. Το αποτέλεσμα θέλουμε να εκφράζεται σε mg K⁺ ανά 100g εδάφους. Άρα, έστω ότι μετρήθηκαν 20ppm Κ στο εκχύλισμα. Αυτό σημαίνει ότι:

Στα 1.000.000 mg εκχυλίσματος υπάρχουν 20 mg Καλίου

Στα 100.000mg (100mL εκχυλίσματος) υπάρχουν πόσα mg Καλίου;

άρα X= **2mg** Κ στο εκχύλισμα.

Επειδή για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν 5g εδάφους.

Στα 5 g εδάφους υπάρχουν 2mg Καλίου

Στα 100g εδάφους υπάρχουν πόσα mg Καλίου;

άρα X= 40mg K⁺.

Άρα υπάρχουν 40mg αφομοιώσιμου καλίου ανά 100g εδάφους.

5.8. Εκχύλιση φυτικού ιστού

5.8.1. Εισαγωγή

Για την εκτέλεση του προσδιορισμού ολικών ποσοτήτων των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων (K, Na, P, Ca, Mg και Ιχνοστοιχείων), εκτός του αζώτου, ήταν αναγκαία η μετατροπή αυτών, σε μορφή ενός ανόργανου άλατος. Αυτή επιτεύχθηκε 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.

5.8.2. Τεχνική μεθόδου ξηρής καύσης

I. Υλικά και Όργανα

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήσαμε ήταν:

- Αναλυτικός ζυγός
- Σιφώνι
- Φούρνος Αποτέφρωσης
- Κάψες πορσελάνης
- Χωνιά και φίλτρα Whatman N° 40
- Ογκομετρικές φιάλες των 50mL
- Πλάκα θέρμανσης(Εικόνα 21)



Εικόνα 21:Πλάκα θέρμανσης

II. Αντιδραστήρια

Διάλυμα υδροχλωρικού οξέος HCl 1M – Hydrochloric acid

Παρασκευή: Σε ογκομετρική φιάλη των 500mL προσθέτουμε 41,4mL διαλύματος HCl 37% και απιονισμένο νερό μέχρι την ένδειξη της φιάλης.

III. Εκτέλεση

- Μετά το άλεσμα (βλ. προετοιμασία φυτικού ιστού για ανάλυση) μέρος του δείγματος τοποθετήθηκε 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. Η θέρμανση βοηθά 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 ξεπλένουμε 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^+ , Na^+ , P, κ.α.)

5.9. Προσδιορισμός ολικού φωσφόρου σε φυτικό ιστό

5.9.1. Τεχνική μεθόδου Βαναδομολυβδαινικού Αμμωνίου

I. Υλικά και Όργανα

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήσαμε είναι:

- Σιφόνια 1,5,10mL
- Ογκομετρικές φιάλες των 50mL
- Φασματοφωτόμετρο(Εικόνα 22)



Εικόνα 22:Φασματοφωτόμετρο

II. Αντιδραστήρια

1. Βαναδομολυβδαινικό αμμώνιο – Ammonium Vanadate Molybdate

Παρασκευή:

- Σε 400mL ελαφρώς θερμασμένου νερού διαλύονται 22,5g μολυβδαινικού αμμωνίου $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - Ammonium molybdate tetrahydrate.
- Σε 300mL νερό που βράζει διαλύονται 1,25g βαναδικού αμμωνίου (NH_4VO_3) – Ammonium Vanadate
- Μετά από ψύξη των δύο διαλυμάτων, το διάλυμα του μολυβδαινικού αμμωνίου τοποθετείται σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL και
- προστίθεται το διάλυμα του βαναδικού αμμωνίου
- Το διάλυμα που προκύπτει διατηρείται σε θερμοκρασία δωματίου.
- Στη συνέχεια προστίθενται 250mL πυκνό νιτρικό οξύ(HNO_3) – Nitric Acid.

- Ακολουθεί ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου.
- Συμπληρώνεται νερό μέχρι τη χαραγή.
- Το διάλυμα χρησιμοποιείται για λίγες εβδομάδες αφού φυλαχθεί σε μέρος σκοτεινό και ξηρό.

2. Πρότυπο διάλυμα P (50ppm) χρησιμοποιώντας δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4)— Potassium phosphate dibasic.

Παρασκευή:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL διαλύονται σε νερό 0,2195g KH_2PO_4
- Συμπληρώνεται η φιάλη με νερό μέχρι τη χαραγή.

III. Εκτέλεση

- Χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα του φυτικού ιστού μετά την εκχύλιση (βλ. εκχύλιση δειγμάτων φυτικού ιστού).
- Το δείγμα του φυτικού ιστού μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν όπως ήταν. Υπήρχε περίπτωση όμως να γίνει αραίωση (συνήθως 1x10) οπότε να είναι αυτό το νέο stock διάλυμα. Έτσι :
- Σε ογκομετρική φιάλη των 50 mL προστέθηκαν:
- 10mL από το stock διάλυμα και
- 10mL από το αντιδραστήριο του βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύονταν.
- Η φιάλη συμπληρωνόταν με νερό μέχρι τη χαραγή καλυπτοταν με parafilm και ανακινούσαμε καλά μέχρι να εμφανιστεί χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα.
- Μετά από 30min μετρούσαμε την απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο και μήκος κύματος 470nm.

a) Παρασκευή των πρότυπων (standards) διαλυμάτων.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του P στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φασματοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετράται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και μετρείται η απορρόφηση. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων. Όλα τα πρότυπα διαλύματα παρασκευάζονται από τα ίδια αντιδραστήρια που παρασκευάζονται και τα δείγματα. Επίσης τα πρότυπα παρασκευάζονται πριν το

χρωματισμό των δειγμάτων έτσι ώστε αν υπάρξει πρόβλημα με τη διαδικασία ή τα αντιδραστήρια να εντοπιστεί και να λυθεί.

Οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων πρέπει να είναι κοντά στην περιοχή όπου υπολογίζεται ότι είναι οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων μας.

Έστω ότι δείγματα μας υπολογίζονται στην περιοχή 5-10ppm. Τα πρότυπα διαλύματα που παρασκευάζονται έχουν συγκέντρωση 0 - 5 - 10 - 15 και 20ppm.

Το τυφλό διάλυμα (0ppm) χρησιμεύει για τη ρύθμιση του μηδενός της κλίμακας της απορρόφησης του οργάνου.

- Σε ογκομετρικές φιάλες των 50mL προστεθήκαν 0,5,10,15,20mL αντίστοιχα από το διάλυμα των 50ppm σε P.
- Στη συνέχεια σε κάθε μία προστέθηκε 10mL βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύτηκε.
- Προστέθηκε νερό μέχρι τη χαραγή και ανακινήθηκε καλά.
- Το 0 ppm διάλυμα χρωματίστηκε πολύ ελαφριά κίτρινο.

b) Τρόπος χρήσης του φασματοφωτόμετρου SHIMADZU UV-1800.

- Το όργανο έμπαινε σε λειτουργία από τον διακόπτη και αφηνόταν για 30min να θερμανθεί χωρίς να πατάμε κανένα πλήκτρο.
- Ελέγχουμε στην οθόνη αν το όργανο μετρούσε απορρόφηση.
- Αν όχι, πατούσαμε MODE και επιλέγαμε απορρόφηση (Absorbance Abs) χρησιμοποιώντας τα βέλη που βρίσκονταν κάτω από την οθόνη
- Με τον υποδοχέα της κυψελίδας κενό και το κάλυμμα του οργάνου κλειστό επιλεγόταν το επιθυμητό μήκος κύματος (470nm) χρησιμοποιώντας τα βέλη που βρίσκονταν στον κύκλο.
- Ανοίγαμε το σκέπασμα του χώρου υποδοχής της κυψελίδας και τοποθετούσαμε την κυψελίδα με το τυφλό (0ppm). Το βελάκι πάνω στην κυψελίδα έπρεπε να είναι προς το μπροστινό μέρος του οργάνου και με τις δύο διαφανείς πλευρές της κυψελίδας σύμφωνα με το βέλος που υπήρχε δίπλα στον υποδοχέα.
- Πατούσαμε ZERO προκειμένου να μηδενιστεί η ένδειξη. (0 Abs).
- Βγάζαμε το τυφλό και τοποθετούσαμε το δείγμα κατά τον ίδιο τρόπο.
- Παίρναμε τη μέτρηση.
- Αρχικά μετρούσαμε τα πρότυπα διαλύματα προκειμένου να φτιάξουμε την καμπύλη και στη συνέχεια τα άγνωστα δείγματα.

IV. Υπολογισμός του αποτελέσματος

Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του P των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες όπου έγινε η ανάπτυξη του χρώματος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες τους μετρήσεις απορρόφησης (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συγκέντρωσης και απορρόφησης (Σχήμα1). Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή:

$$y = \alpha x + \beta$$

όπου: y = η απορρόφηση

x = συγκέντρωση του διαλύματος

α = η κλίση της ευθείας και

β = η τετμημένη επί την αρχή

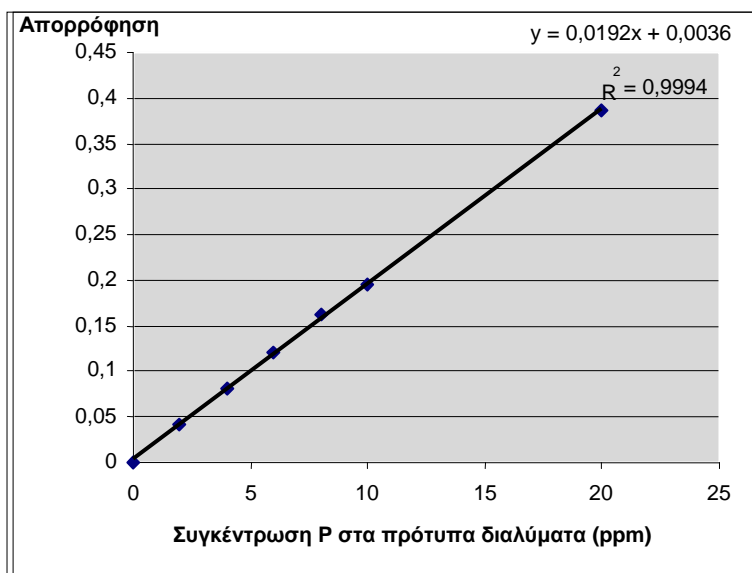
Η γραμμή τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της απορρόφησης με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98).

Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την απορρόφηση μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x:

$$x = \frac{y - \beta}{\alpha}$$

όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει έτοιμα το πρόγραμμα, το y είναι η απορρόφηση που μετρήσαμε).

Σχήμα 2: Η ευθεία που σχηματίζεται από τις τιμές της απορρόφησης και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων.



Οι συγκεντρώσεις του P που υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο είναι σε ppm και είναι οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες των 50mL. Οι τιμές αυτές όμως πρέπει να μετατραπούν σε ppm P στο εκχύλισμα και να εκφρασθούν σε ποσοστό % στο φυτικό ιστό. Για το λόγο αυτό γίνονται οι παρακάτω υπολογισμοί:

Έστω ότι μετρήθηκαν στο άγνωστο δείγμα 5ppm P. Αν έχει γίνει αραίωση τα 5ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον βαθμό της αραίωσης (π.χ. αν η αραίωση είναι 1x10 τότε τα 5ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 10) και μετά να ακολουθήσουν τα παρακάτω βήματα.

Μέτρηση 5ppm σημαίνει ότι:

Στα 1.000.000 mg διαλύματος υπάρχουν 5 mg P

Στα 50.000mg (50mL) διαλύματος πόσα mg P υπάρχουν ;

άρα **X= 0,25mg P** στην ογκομετρική φιάλη που αναπτύχθηκε το χρώμα.

Ο P όμως που υπάρχει στην ογκομετρική φιάλη υπήρχε στα 10mL εκχυλίσματος, άρα χρειάζεται να γίνει αναγωγή σε όλο το εκχύλισμα, το οποίο έχει όγκο 50mL έτσι:

Στα 10 mL εκχυλίσματος υπήρχαν 0,25 mg P

Στα 50 MI εκχυλίσματος πόσα mg P υπάρχουν

άρα $X = 1,25 \text{ mg P}$

Η ποσότητα αυτή του P υπήρχε σε συγκεκριμένη ποσότητα φυτικού ιστού που εκχυλίστηκε και το βάρος αυτής είναι γνωστό. Έστω ότι κάηκαν και εκχυλίστηκαν 1,2365g φυτικού ιστού, τότε προκύπτει:

Στα 1236mg φυτικού ιστού υπάρχουν 1,25 mg P

Στα 100 mg φυτικού ιστού πόσα mg P υπάρχουν;

άρα $X = 0,101$

Άρα η περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε P είναι 0,101%.

6.Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας κομποστοποίησης κλαδοκάθαρων

Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των μηχανημάτων που θα πρέπει να υπάρχουν σε μια μονάδα κομποστοποίησης κλαδοκάθαρων.

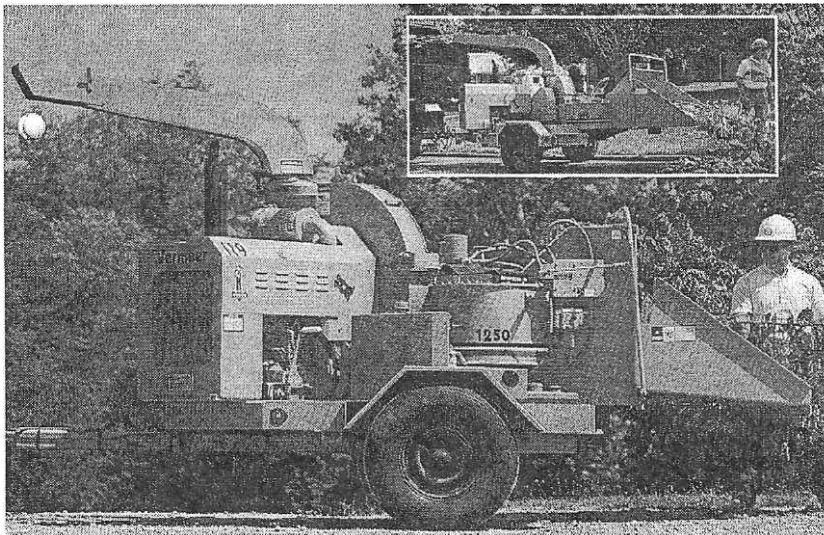
6.1.Θρυμματιστής οργανικών υλικών

Ο θρυμματιστής αποτελεί ένα από τα βασικότερα μηχανήματα μιας μονάδας κομποστοποίησης φυτικών υπολειμμάτων καθώς τροφοδοτείται με διάφορα υλικά, όπως κλαδοκάθαρα καλλιεργειών, πάρκων και κήπων, υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών κ.α., τα οποία θρυμματίζει σε μέγεθος κατάλληλο για τις περαιτέρω διεργασίες.

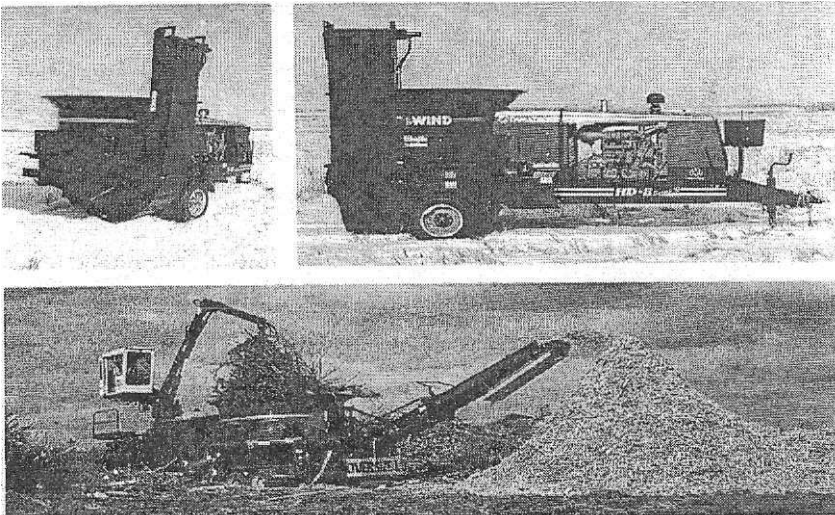
Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες θρυμματιστών:

α) οι θρυμματιστές με μαχαίρια (**Εικόνα 23**)

β) οι θρυμματιστές με σφυριά ή σφυρόμυλοι (**Εικόνα 24**)



Εικόνα 23:Θρυμματιστής με μαχαίρια



Εικόνα 24: Θρυμματιστής με σφυριά

Κάθε τύπος θρυμματιστή από τους παραπάνω διατίθεται σε διάφορα μεγέθη ανάλογα με τη δυνατότητα της μονάδας.

Ένας συνήθης τύπος σφυρόμυλου έχει συνήθως άνοιγμα τροφοδοσίας περίπου 70 X 60cm και μήκος περίπου 70cm. Η κίνηση του σφυρόμυλου είναι απευθείας. Ο κύλινδρος του έχει διάμετρο τουλάχιστον 7,5cm και υπάρχουν τουλάχιστον 40 σφυριά των από ειδικό σκληρυμένο χάλυβα και κυλινδρικές πλάκες 'Λ" . Οι ράβδοι των σφυριών θα έχουν διάμετρο περίπου 2,5cm και μήκος περίπου 65cm από σκληρυμένο χάλυβα. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του θρυμματιστή θα πρέπει να εξασφαλίζουν την μέγιστη δυνατή προστασία και ασφάλεια των χειριστών .

Τόσο οι θρυμματιστές με μαχαίρια όσο και οι θρυμματιστές με σφυριά, όταν είναι μεγάλης ιπποδύναμης, τροφοδοτούνται μηχανικά.

6.2.Αναστροφέας σειραδίων κομποστοποίησης

Υπάρχουν δύο τύποι αναστροφέων:

α) οι ρυμουλκούμενοι

β) οι αυτοκινούμενοι

Στο πείραμα μας, χρησιμοποιήθηκε **αυτοκινούμενος** αναστροφέας μάρκας Backhus 16.30, ο οποίος διαθέτει δικό του κινητήρα. Το κόστος αυτού του αναστροφέα μπορεί να είναι σχετικά αυξημένο αλλά το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι απαιτεί μικρό κενό μεταξύ των σειραδίων για να κινείται. Στις **Εικόνες 20 και 21** παρουσιάζεται ο αναστροφέας που χρησιμοποιήθηκε και στον **Πίνακα 14** τα τεχνικά του χαρακτηριστικά.

Εικόνες 25 & 26: Αυτοκινούμενος αναστροφέας κομποστοποίησης

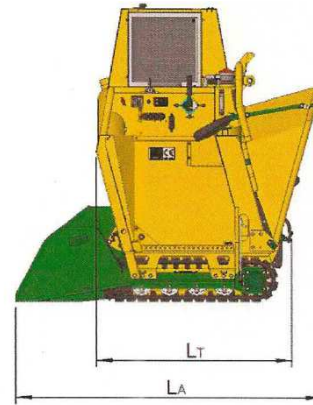
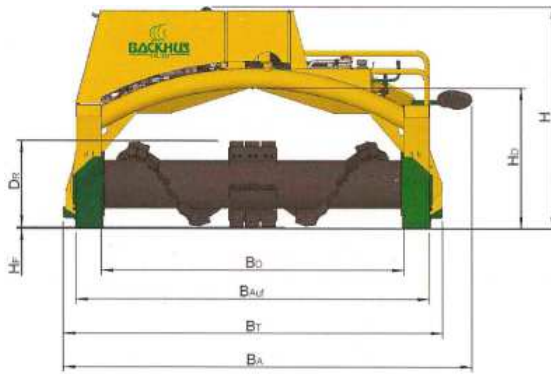


Πίνακας 14: Τεχνικά χαρακτηριστικά αυτοκινούμενου αναστροφέα BACKHUS 16.30:

BACKHUS

EcoEngineers

BACKHUS 16.30



Τεχνικά Χαρακτηριστικά

BACKHUS			16.30
Λειτουργικά στοιχεία			
Πλάτος σωρών μέχρι	B_{Auf}	m	3,0
Ύψος σωρών μέχρι		m	1,30
Διατομή σωρών*		m^2	2,2
Χρησιμοποίηση επιφάνειας*		m^3/m^2	0,73
Καθαριστής πλάτους διαδρομής		m	2x0,22
Ποσοστό καθαρισμού*		%	2,2
Μέγεθος κόκκου μέχρι		mm	150
Διαμήκης μετατόπιση σωρών περίπου		m	1,5
Ταχύτητα περιστροφής στροφέων		min^{-1} (rpm)	400
Ικανότητα μετατοπίσεων μέχρι		m^3/h	700
Αριθμός εργαλείων		-	62
Διαστάσεις εργασίας			

Μήκος **	L _a	mm	1.950
Πλάτος **	B _A	mm	3.500
Ύψος	H	mm	1.900
Διάμετρος στροφέων	D	mm	735
Ύψος καθαρισμού	H _D	mm	1.200
Πλάτος καθαρισμού	B _d	mm	2.570
Μέγιστος επίγειος καθαρισμός	H _F	mm	10-100
Μεταφορά διαστάσεων			
Μήκος**	L _t	mm	1.250
Πλάτος**	B _t	mm	3.250
Ύψος**	H	mm	1.900
Ταχύτητα μπρος/όπισθεν		m/min	0-50
Βάρος περίπου**		kg	1.700
Επίγεια πίεση περίπου**		kg/cm ²	0,59
Κυβικά		ccm	2,190
Ονομαστική χωρητικότητα		kW (HP) RPM	35,4 (47.5) @ 3,000
Χωρητικότητα		m ³ /h	750
Μέγιστη ροπή		Nm (lbf·ft) RPM	143 (106) @ 1,800
Τριφασική γεννήτρια		V	12
Μπαταρία		V/Ah	12/88
Ντεπόζιτο καυσίμων		l	50
Κινητήρας		Yanmar 47.5 HP	
Τύπος		4 TNV 88 τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας, υδρόψυκτος	
Σύστημα οδήγησης		υδραυλικό	
Κύλινδροι		4	

* at a dumping angle of 45°

**Οι τιμές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον εξοπλισμό

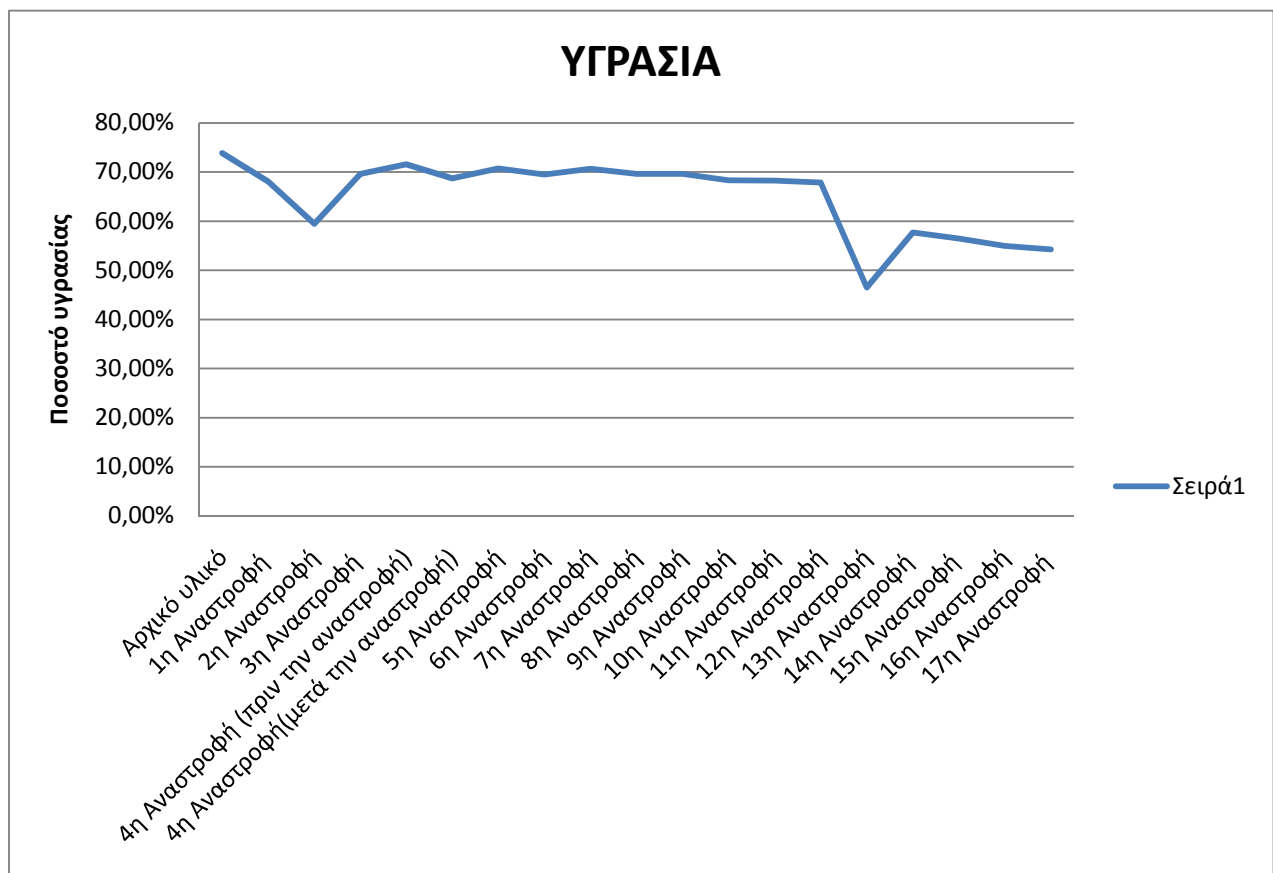
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα-Συζήτηση

1. Κομποστοποίηση κτηνοτροφικών αποβλήτων με απόβλητα ελαιοτριβείων

1.1. Υγρασία

Παρακάτω υπάρχουν σε γράφημα οι τιμές του μέσου όρου της υγρασίας των δειγμάτων από κάθε ανάδευση. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη υγρασία υπήρχε στο αρχικό υλικό η οποία ήταν 71,54 %. Στην συνέχεια, με εξαίρεση την 2^η και 3^η αναστροφή(στην οποία 3^η αναστροφή έγινε διαβροχή με 1 m³ κασίγαρο από ελαιοτριβείο του χωριού των Αγ. Δέκα με στόχο την αύξηση της υγρασίας), η υγρασία κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, πάνω από 60 %, λόγω των πολλών βροχοπτώσεων του χειμώνα συνολικού ύψους βροχής 240 mm μεταξύ της 3^{ης} και 12^{ης} αναστροφής. Η υγρασία έπεσε στο 46,50 % στην 13^η αναστροφή και για να αυξηθεί στην επόμενη αναστροφή έγινε διαβροχή του σειραδίου με 1 m³ κασίγαρο. Παρά τη διαβροχή του σειραδίου με 1 m³ κασίγαρο στη 15^η αναστροφή, στη 16^η αναστροφή με 0.3 m³ και στη 17^η αναστροφή με 0.25 m³, η υγρασία είχε πτωτική τάση, με ελάχιστη υγρασία σε όλες τις αναστροφές 44.97 % εξαιτίας της συνεχούς αύξησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και του μηδενικού ύψους βροχής της περιόδου των τριών τελευταίων αναστροφών, το οποίο σήμαινε ότι το κόμποστ είχε σβήσει και ήταν έτοιμο.

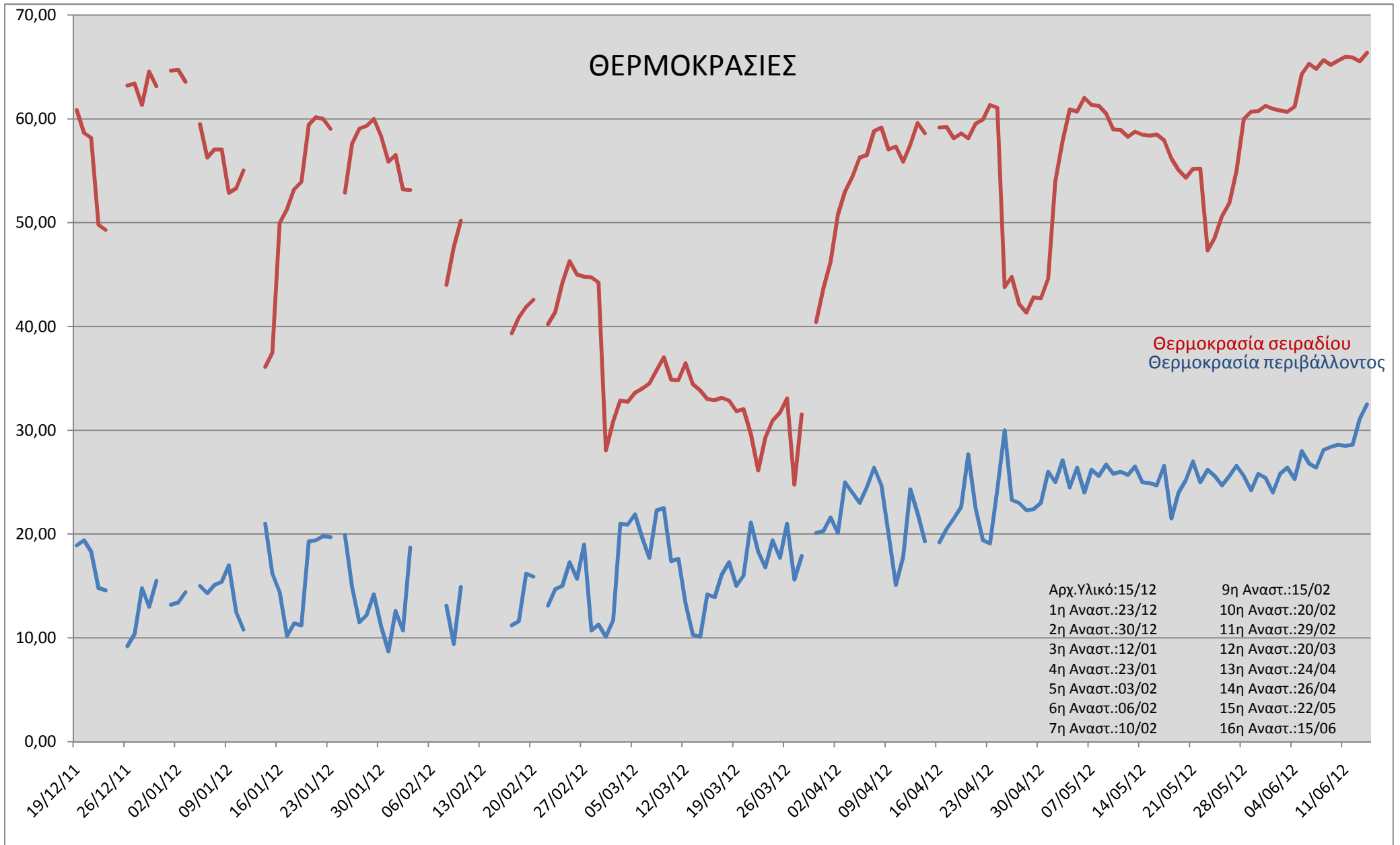
Σχήμα 1:Πορεία υγρασίας



1.2. Θερμοκρασίες

Η θερμοκρασία μετριόταν σχεδόν σε καθημερινή βάση(με εξαίρεση τις επόμενες μέρες των δέκα πρώτων αναστροφών,την 04/01/12 όταν έγινε μετατόπιση του σειραδίου,τις ημέρες ανάμεσα στην 5^η,6^η,7^η και 8^η αναστροφή οι οποίες έγιναν μέσα σ'ένα διάστημα οχτώ ημερών, ανήμερα των Χριστουγέννων και του Πάσχα και κάποιες ημέρες όπου υπήρχε βλάβη του ηλεκτρονικού θερμομέτρου) και σημειώναμε τις μέγιστες θερμοκρασίες από τρία διαφορετικά τυχαία σημεία κατά μήκος του σειραδίου βρίσκοντας τον μέσο όρο κάθε ημέρας,ο οποίος αναγράφεται στο γράφημα.Ανάλογα με τη πορεία της θερμοκρασίας,δηλαδή όταν είχε πτωτική πορεία, γινόταν αναστροφή.Ο μέγιστος όρος της θερμοκρασίας του σειραδίου παρατηρήθηκε στις 14/06/2012 ο οποίος ήταν 66,37 °C σαφώς επηρεασμένος από την θερμοκρασία περιβάλλοντος και ο μικρότερος μέσος όρος παρατηρήθηκε στις 27/03/2012 ο οποίος ήταν 24,77 °C εξαιτίας δύο εκπαιδευτικών αναστροφών που έγιναν την ίδια ημέρα.Όπως παρατηρούμε στο σχήμα παρακάτω, η θερμοκρασία έπεφτε μετά από κάθε αναστροφή. Επίσης,μετρούσαμε την θερμοκρασία περιβάλλοντος,όπου η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στις 14/06/2012(την ίδια ημέρα είχαμε και τον μέγιστο όρο θερμοκρασίας του σειραδίου όπως είδαμε πιο πάνω) και ήταν 32,50 °C,ενώ η μικρότερη θερμοκρασία περιβάλλοντος παρατηρήθηκε στις 31/01/2012 και ήταν 8,70 °C.Παρακάτω υπάρχει το σχήμα 2 με τη καθημερινή πορεία της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και του μέσου όρου της θερμοκρασίας του σειραδίου. Παρακάτω είναι το σχήμα 2 με τη πορεία της θερμοκρασίας:

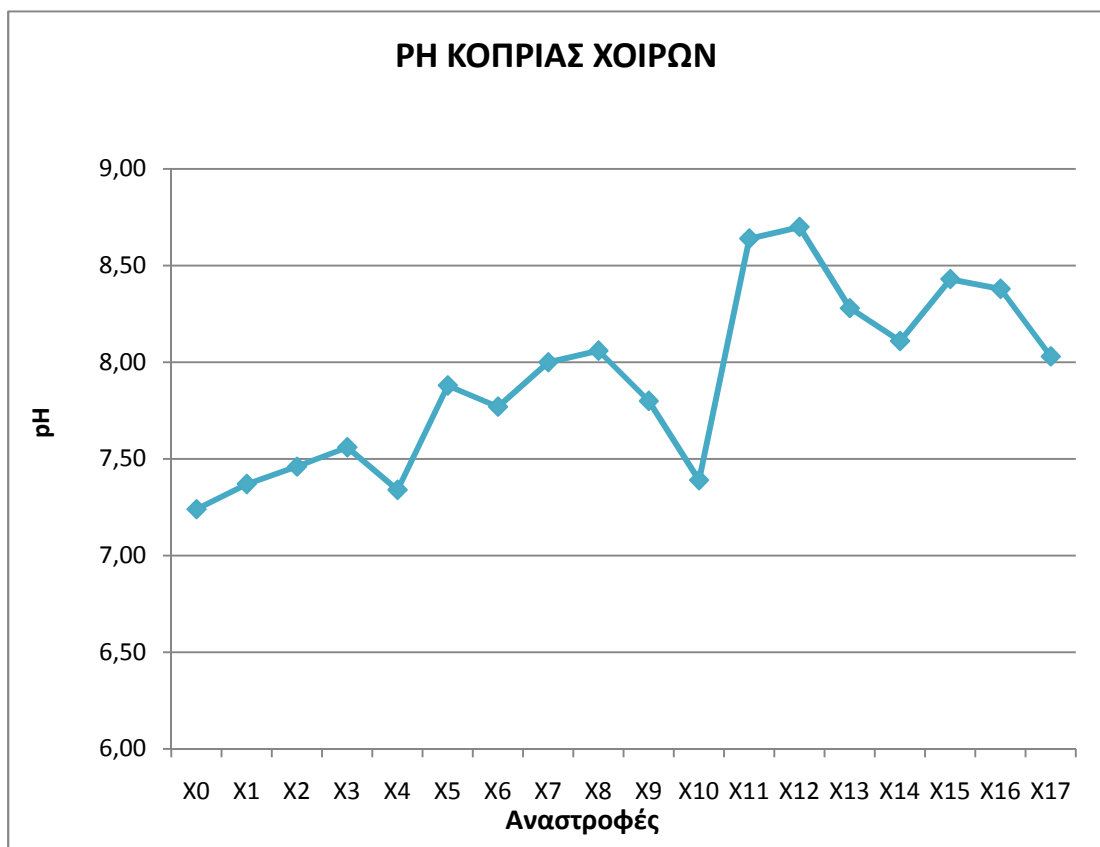
Σχήμα 2: Πορεία της θερμοκρασίας



1.3.ΡΗ

Μετά τη δειγματοληψία από κάθε αναστροφή, εφαρμόζοντας την τεχνική του Προσδιορισμού ΡΗ με νερό στην αναλογία 1:1 ½ και χρησιμοποιώντας την ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης, βρίσκαμε το ΡΗ του δείγματος κάθε αναστροφής. Η μικρότερη μέτρηση ΡΗ ήταν 7,24 και παρατηρήθηκε στο αρχικό υλικό. Στη συνέχεια, το ΡΗ είχε μια ανοδική πορεία(με διαβροχή με κατσίγαρο 1 m³ στη 3^η αναστροφή)και σύμφωνα με το σχήμα παρακάτω η μέγιστη μέτρηση ΡΗ παρατηρήθηκε στην 12^η αναστροφή η οποία ήταν 8,7 λόγω και του συνολικού ύψους βροχής 379 mm και στις επόμενες αναστροφές που έγινε και διαβροχή με κατσίγαρο(14^η-17^η με 1,1,0.3 και 0.25 m³ αντίστοιχα) μέχρι το τέλος κρατήθηκε σε επίπεδα πάνω από 8 παρά τη μείωση των βροχοπτώσεων.

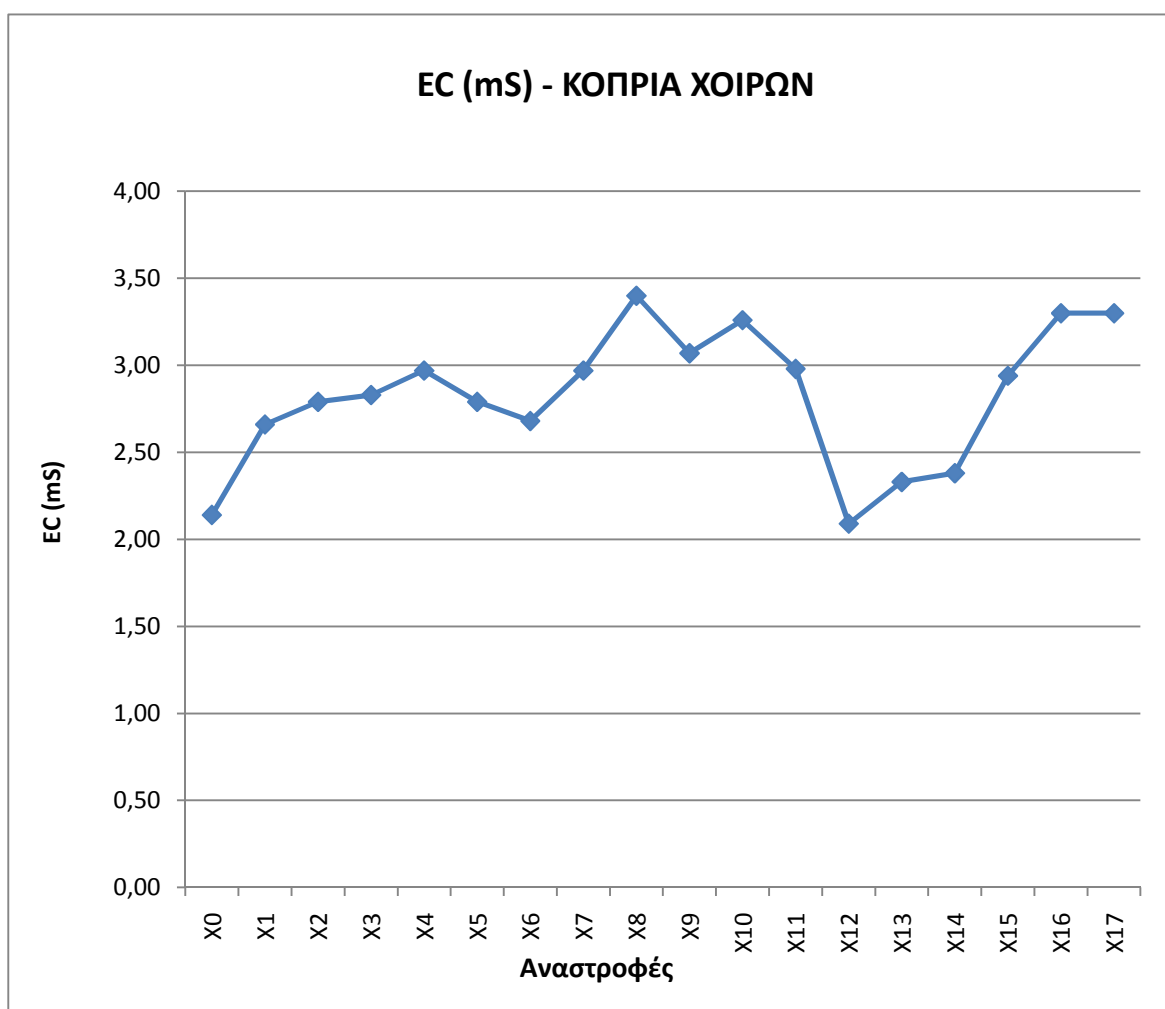
Σχήμα 3:Πορεία ΡΗ



1.4. Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είχε μία ανοδική πορεία από την αρχή(διαβροχή με 1 m³ κασίγαρο στην 3^η αναστροφή)με μέγιστο σημείο 3,40 mS στην 8^η αναστροφή και μέχρι και την 11^η αναστροφή κυμάνθηκε περίπου στα 3 mS και πάνω, μέχρι τη 12^η αναστροφή που έφτασε στη χαμηλότερη τιμή 2,09 mS.Στη συνέχεια, όταν έγινε διαβροχή του σειραδίου με 1 m³ κασίγαρο στη 14^η και 15^η αναστροφή, 0,3 m³ στη 16^η και με 0,25 m³ στη 17^η, αυξήθηκε ξανά η ηλεκτρική αγωγιμότητα και έφτασε 3,30 mS.

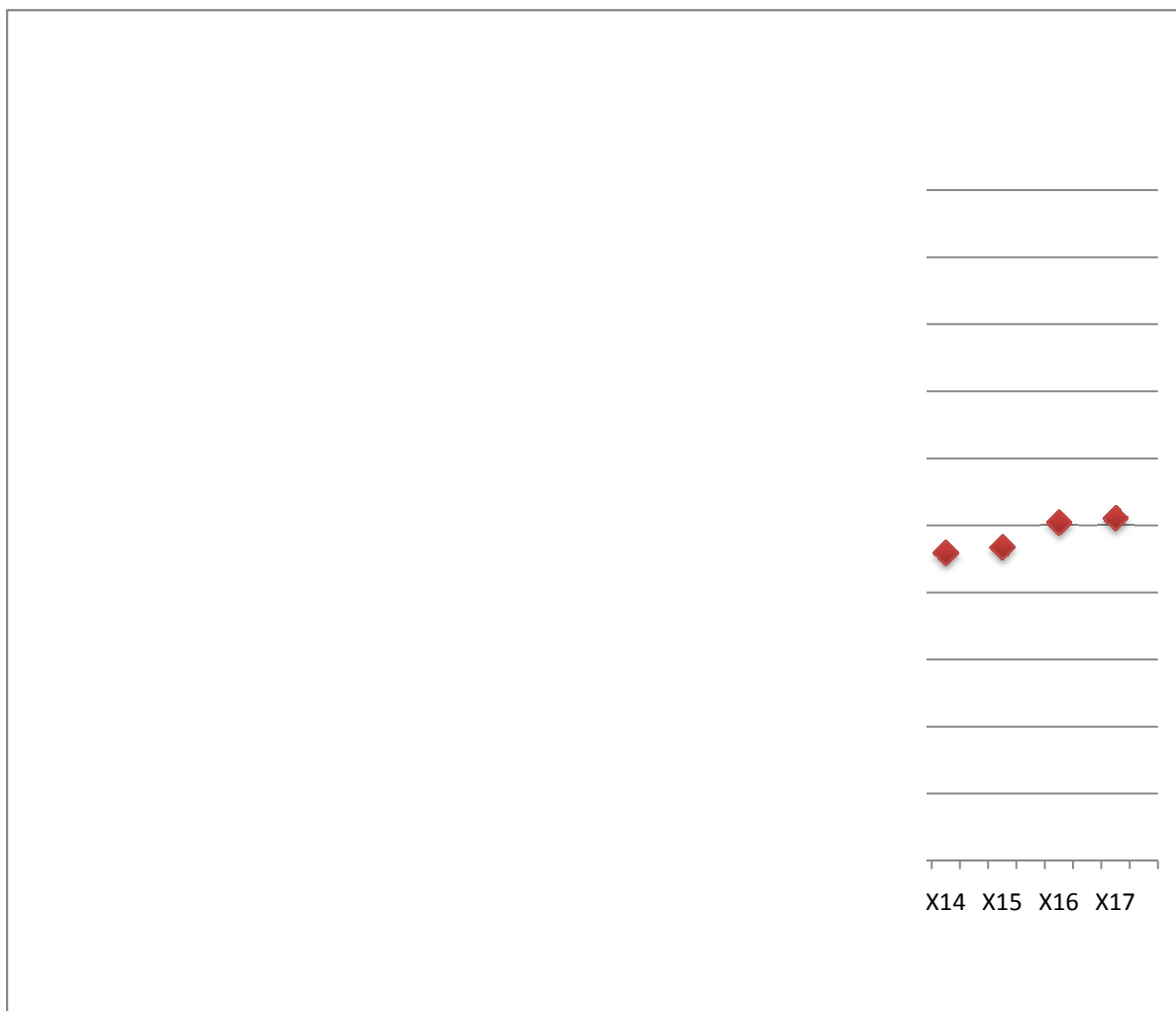
Σχήμα 4: Πορεία Ηλεκτρικής αγωγιμότητα



1.5. Προσδιορισμός Οργανικής Ουσίας με τη μέθοδο της Ξηρής Καύσης

Όπως βλέπουμε στο σχήμα, το αρχικό υλικό είχε το μέγιστο ποσοστό οργανικής ουσίας 91,36 %. Με την αύξηση των βροχοπτώσεων συνολικού ύψους 377 mm και χαμηλής θερμοκρασίας μέχρι τις 20/03/12 ημέρα της 12^{ης} αναστροφής είχαμε μεγάλη μείωση με μικρότερο ποσοστό 32,71 % που παρατηρήθηκε στην 7^η αναστροφή (με διαβροχή με 1 m³ κατσίγαρο στη 3^η αναστροφή). Από την 13^η αναστροφή και έπειτα που μειώθηκαν οι βροχοπτώσεις και αυξανόταν η θερμοκρασία, είχαμε ανοδική πορεία του ποσοστού της οργανικής ουσίας.

Σχήμα 5: Πορεία ποσοστού της Οργανικής Ουσίας



1.6. Οργανικός άνθρακας

Η πορεία του ποσοστού του οργανικού άνθρακα είναι παρόμοια με τη πορεία του ποσοστού της οργανικής ουσίας όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα που σαφώς επηρεάζεται από τους ίδιους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το μέγιστο ποσοστό οργανικού άνθρακα παρατηρήθηκε στο αρχικό υλικό και ήταν 50,76 % ,ενώ το μικρότερο ποσοστό παρατηρήθηκε στη 12^η ανάδευση και ήταν 18,29%.

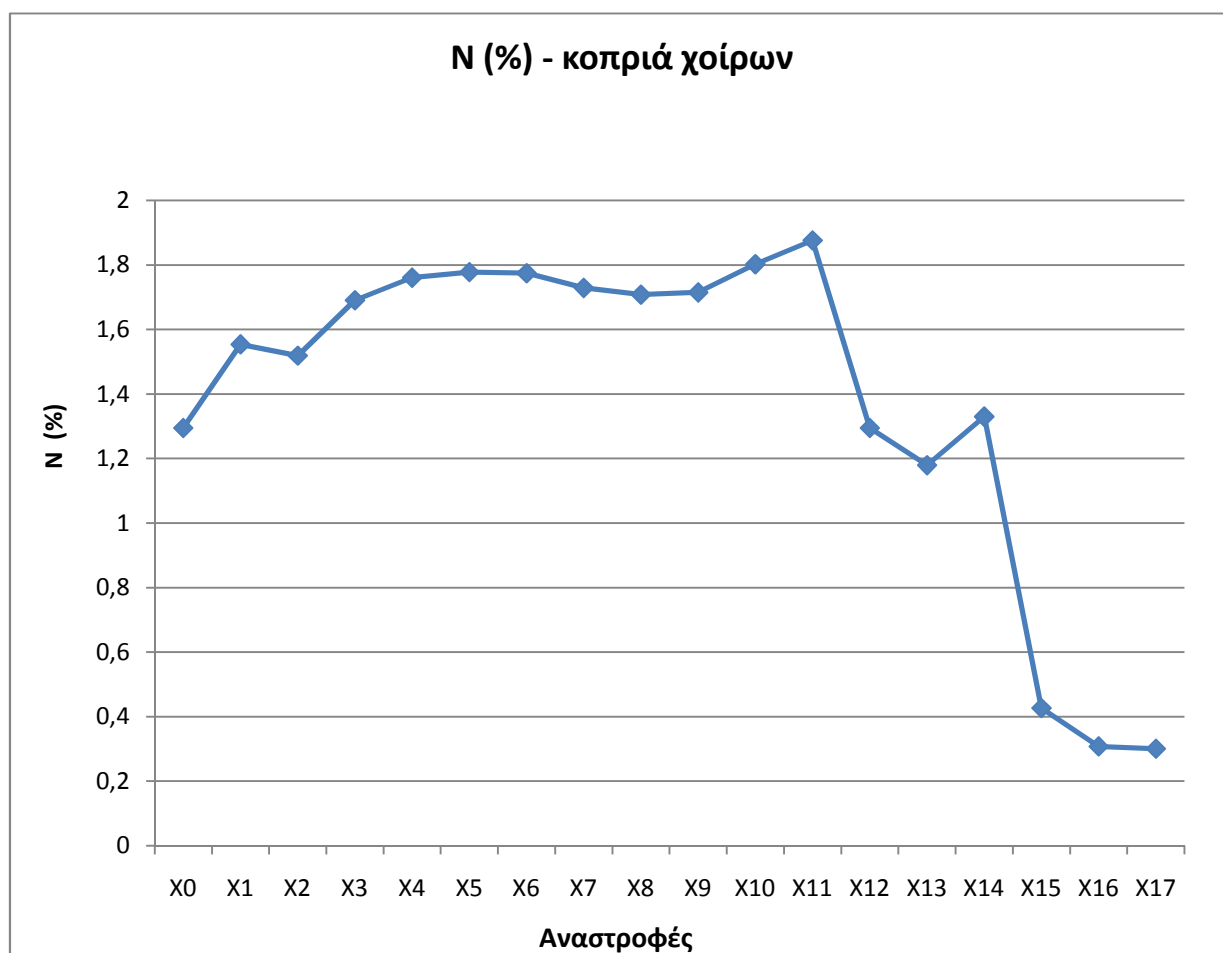
Σχήμα 6: Πορεία του ποσοστού του οργανικού άνθρακα



1.7. Αζωτο (N)

Όπως φαίνεται από το σχήμα 7 παρακάτω, οι μέσοι όροι των ποσοστών του αζώτου επηρεάστηκαν από τις πολλές βροχοπτώσεις συνολικού ύψους βροχής 306 mm και κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα με μέγιστο μέσο όρο ποσοστών 1,876 της 11^{ης} αναστροφής (με διαβροχή σειραδίου με 1 m³ κασίγαρο στην 3^η αναστροφή). Στην συνέχεια λόγω της κάθετης μείωσης των βροχοπτώσεων και παρά τη διαβροχή του σειραδίου με 1,1,0.3 και 0.25 m³ στην 14^η,15^η,16^η και 17^η αναστροφή αντίστοιχα, οι μέσοι όροι των ποσοστών του αζώτου είχαν καθοδική πορεία με το μικρότερο μέσο όρο να είναι 0,301 και να παρατηρείται στην 17^η αναστροφή.

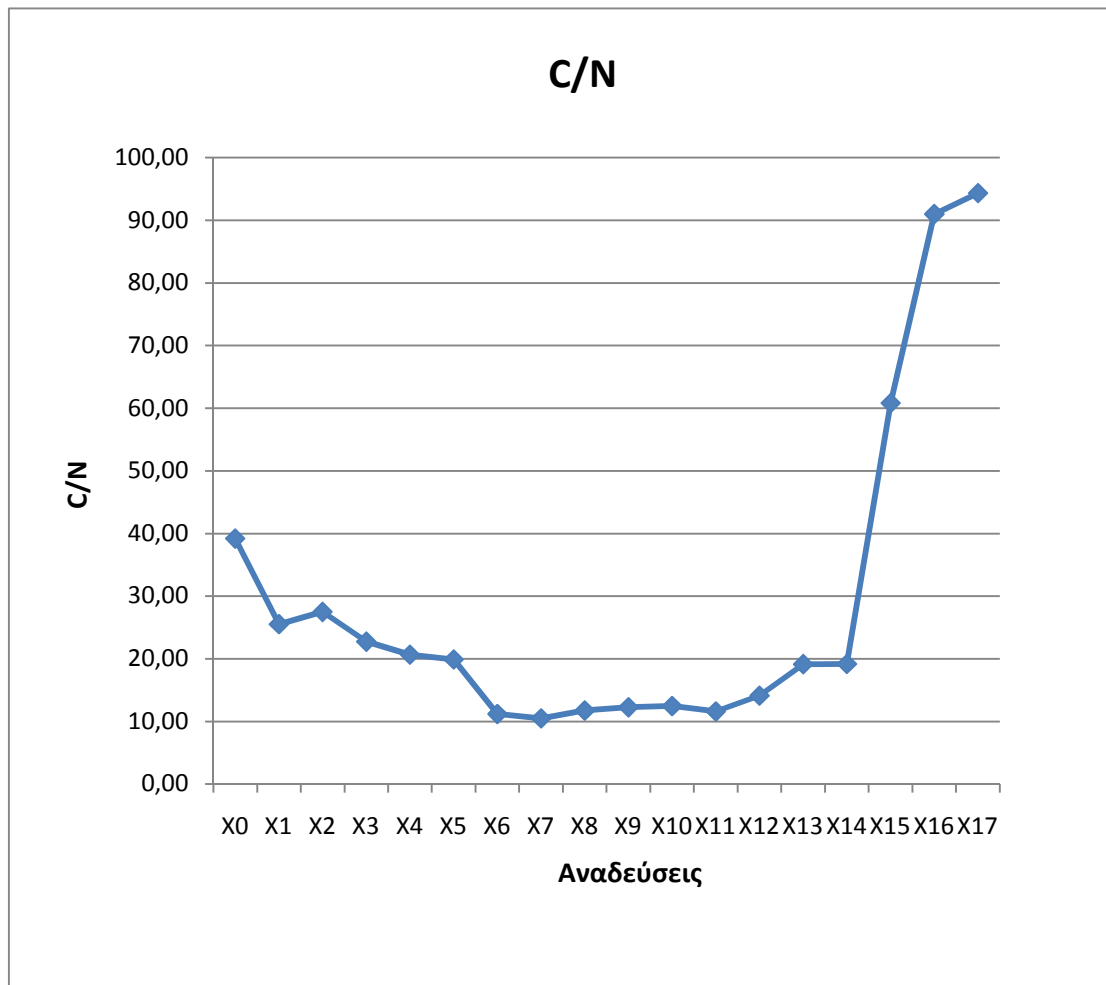
Σχήμα 7: Πορεία μέσου όρου ποσοστού του αζώτου



1.8. Σχέση C/N

Όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα, η πορεία της σχέσης C/N είναι παρόμοια με τη πορεία των ποσοστών της οργανικής ουσίας και του οργανικού άνθρακα μέχρι την 11^η αναστροφή εξαιτίας των πολλών βροχοπτώσεων και της διαβροχής του σειραδίου με 1 m³ κατσίγαρο στην 3^η αναστροφή με μικρότερη τιμή 10,51 στην 7^η αναστροφή. Από την 12^η αναστροφή μέχρι την 14^η, στην οποία έγινε διαβροχή με 1 m³ κατσίγαρο, όμως έχουμε μικρή αύξηση και από τη 15^η μέχρι την 17^η (στις οποίες έγινε διαβροχή με 1,0,3,0.25 m³ κατσίγαρο αντίστοιχα) έχουμε κατακόρυφη αύξηση της σχέσης C/N εξαιτίας της μεγάλης μείωσης των ποσοστών του αζώτου σε αυτές τις αναδεύσεις με μεγαλύτερη τιμή 94,32 στην 17^η αναστροφή.

Σχήμα 8: Πορεία σχέσης C/N



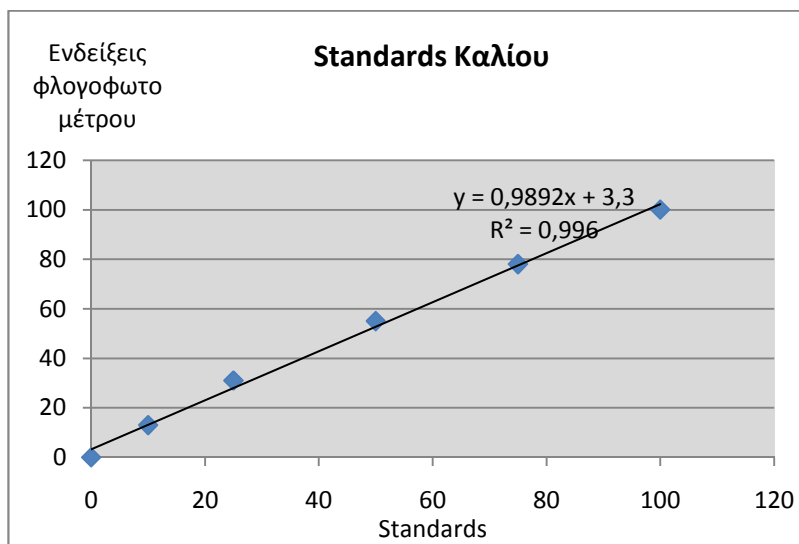
1.9. Κάλιο

- a. 1^η Μέτρηση καλίου στο φλογοφωτόμετρο με τα παρακάτω standards

Πίνακας 1: Συγκεντρώσεις πρότυπων διαλυμάτων και ενδείξεις φλογοφωτόμετρου

Standards	Ένδειξη φλογοφωτόμετρου
0	0
10	13
25	31
50	55
75	78
100	100

Σχήμα 9: Ευθεία που σχηματίζεται από τις ενδείξεις του φλογοφωτομέτρου και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων.



Πίνακας 2:Μετρήσεις κάλιου

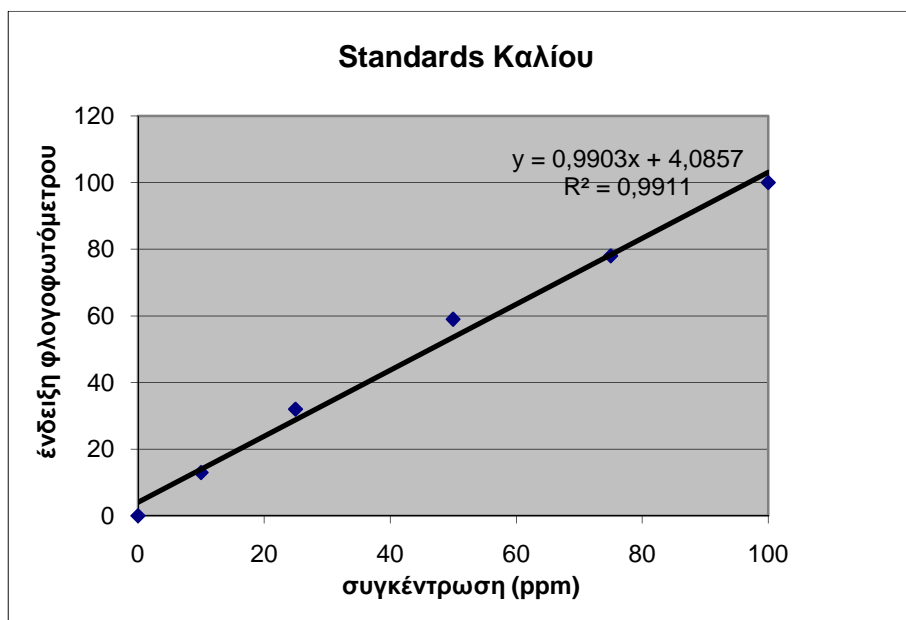
Δείγματα	Μέτρηση	Συγκέντρωση Κ σε ppm από την καμπύλη	Στα 100 mL εκχυλίσματος	Σε mg στα 100gr εδάφους	Σε ppm	Αραίωση	Σε ppm
Αρχ.Υλ.	57	54,286	5,429	108,573	10,857	χωρίς	10.857
1 ^η Ανασ.	52	49,232	4,923	98,463	9,846	1 στα 3	29,539021
2 ^η Ανασ.	58	55,297	5,530	110,594	11,059	1 στα 5	55,29721
3 ^η Ανασ.	66	63,385	6,338	126,769	12,677	1 στα 5	63,384553
4 ^η Ανασ.	96	93,712	9,371	187,424	18,742	1 στα 5	93,712091
5 ^η Ανασ.	51	48,221	4,822	96,442	9,644	1 στα 5	48,220784
6 ^η Ανασ.	41	38,112	3,811	76,223	7,622	1 στα 5	38,111605
7 ^η Ανασ.	70	67,428	6,743	134,856	13,486	1 στα 5	67,428225
8 ^η Ανασ.	67	64,395	6,440	128,791	12,879	1 στα 5	64,395471
9 ^η Ανασ.	28	24,970	2,497	49,939	4,994	1 στα 5	24,969672
10 ^η Ανασ.	66	63,385	6,338	126,769	12,677	1 στα 5	63,384553
12 ^η Ανασ.	47	44,177	4,418	88,354	8,835	1 στα 5	44,177113
13 ^η Ανασ.	75	72,483	7,248	144,966	14,497	1 στα 5	72,482814

b. 2^η Μέτρηση καλίου στο φλογοφωτόμετρο με τα παρακάτω standards

Πίνακας 3:Συγκεντρώσεις πρότυπων διαλυμάτων και ενδείξεις φλογοφωτόμετρο

Standards	Ένδειξη φλογοφωτόμετρο
0	0
10	13
25	32
50	59
75	78
100	100

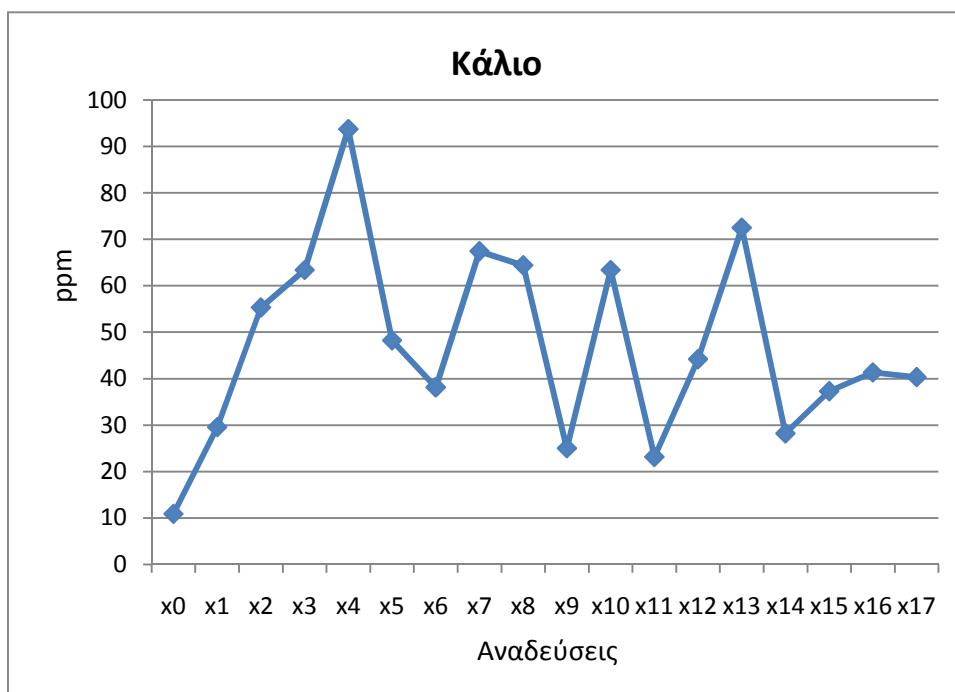
Σχήμα 10: Ευθεία που σχηματίζεται από τις ενδείξεις του φλογοφωτομέτρου και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων.



Πίνακας 4:Μετρήσεις κάλιου

Ημερομηνία	Δείγματα	Μέτρηση	Συγκέντρωση Κ σε ppm από την καμπύλη	Στα 100 mL εκχυλίσματος	Σε mg στα 100gr εδάφους	Σε ppm	Αραίωση	Σε ppm
29/2/2012	11 ^η Ανασ.	27	23,139	2,314	46,277	4,628	1 στα 5	23,138746
26/4/2012	14 ^η Ανασ.	32	28,188	2,819	56,375	5,638	1 στα 5	28,187721
22/5/2012	15 ^η Ανασ.	41	37,276	3,728	74,552	7,455	1 στα 5	37,275876
15/6/2012	16 ^η Ανασ.	45	41,315	4,132	82,630	8,263	1 στα 5	41,315056
22/6/2012	17 ^η Ανασ.	44	40,305	4,031	80,611	8,061	1 στα 5	40,305261

Σχήμα 11: Πορεία κάλιου



Όπως φαίνεται στο σχήμα παραπάνω, η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην 4^η αναστροφή, όπου είναι 93,71 ppm και η μικρότερη στο αρχικό υλικό η οποία είναι 10,857 ppm. Η πορεία των μετρήσεων του καλίου εξαρτάται από την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC, cation-exchange capacity), που εκφράζεται με την ποσότητα μονοσθενών κατιόντων που μπορούν να ανταλλάγουν ανά 100 γραμμάρια κοπριάς και εξαρτάται από το pH και το pE οξειδοαναγωγικό δυναμικό. Έτσι, η ανταλλαγή αυτή στη κοπριά διευκόλυνε την παραλαβή από τα κλαδοκάθαρα, που ήταν αναμειγμένα με την κοπριά χοίρων στο σειράδιο, του νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου με αντίστοιχη εκπομπή κατιόντων υδρογόνου. Άρα τα αποτελέσματα του καλίου εξαρτήθηκαν από τη ποσότητα των αλεσμένων κλαδοκάθαρων που βρίσκονταν στο υπό μελέτη δείγματος κάθε φορά.

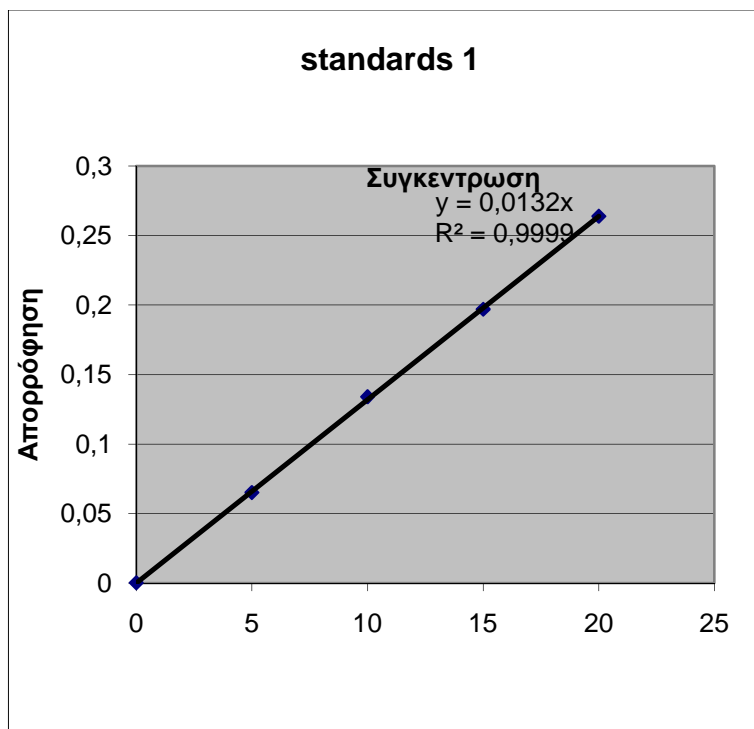
1.10. Φώσφορο

- i. Με αραίωση 1/5:

Πίνακας 5: Συγκεντρώσεις πρότυπων διαλυμάτων και ενδείξεις φασματοφωτομέτρου

Standards	Συγκέντρωση
0	0
5	0,065
10	0,134
15	0,197
20	0,264

Σχήμα 12: Ευθεία που σχηματίζεται από τις ενδείξεις του φασματοφωτομέτρου και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων.



Πίνακας 6:Μετρήσεις φωσφόρου

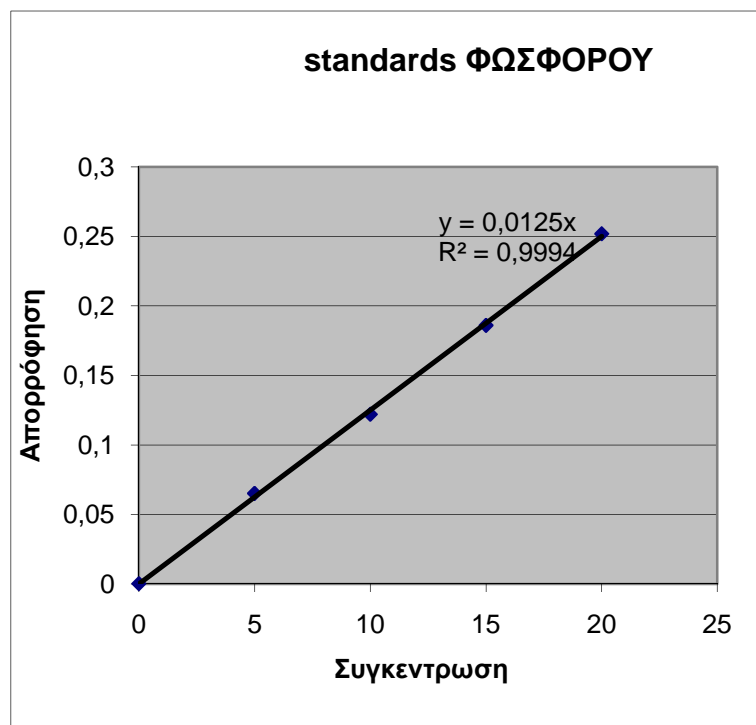
Δείγματα	Μέτρηση Απορρόφησης από φασματοφωτόμετρο	Μέτρηση συγκέντρωσης από φασματοφωτόμετρο	Συγκέντρωση P σε ppm από την καμπύλη	Χωρίς αραίωση	Σε mg	Σε mg στα 5gr εδάφους	Περιεκτικότητα φυτικού ιστού %
Αρχικό Υλικό	0,086	6,5440	6,515	32,576	1,629	8,144	0,659
1η Ανάδευση	0,063	4,7458	4,773	23,864	1,193	5,966	0,483
2η Ανάδευση	0,065	4,9507	4,924	24,621	1,231	6,155	0,498
3η Ανάδευση	0,043	3,2967	3,258	16,288	0,814	4,072	0,329
4η Ανάδευση	0,059	4,4954	4,470	22,348	1,117	5,587	0,452

ii. Με αραίωση 1/5:

Πίνακας 7:Συγκεντρώσεις πρότυπων διαλυμάτων και ενδείξεις φασματοφωτομέτρου

Standards	Συγκέντρωση
0	0
5	0,065
10	0,122
15	0,186
20	0,252

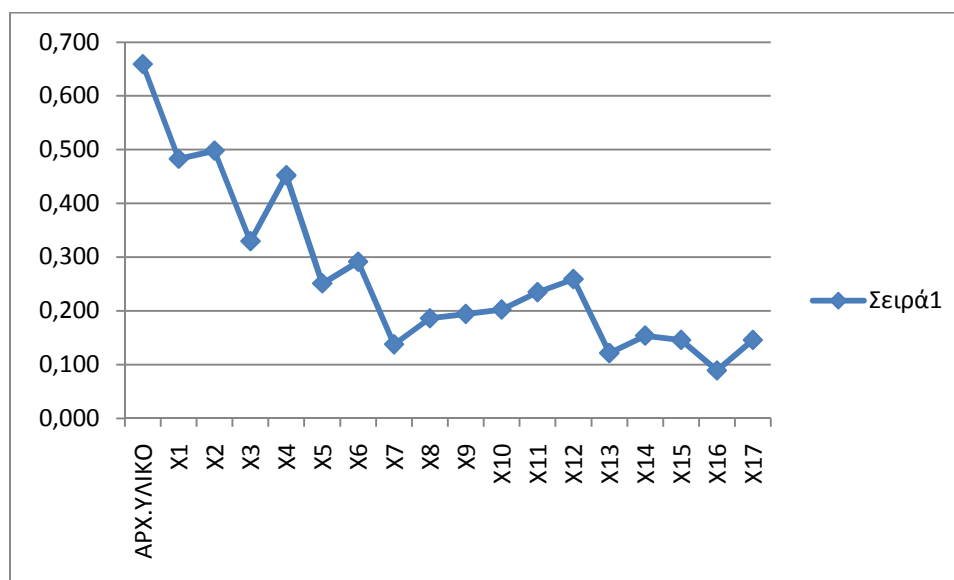
Σχήμα 13: Ευθεία που σχηματίζεται από τις ενδείξεις του φασματοφωτομέτρου και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων.



Πίνακας 8:Μετρήσεις φωσφόρου

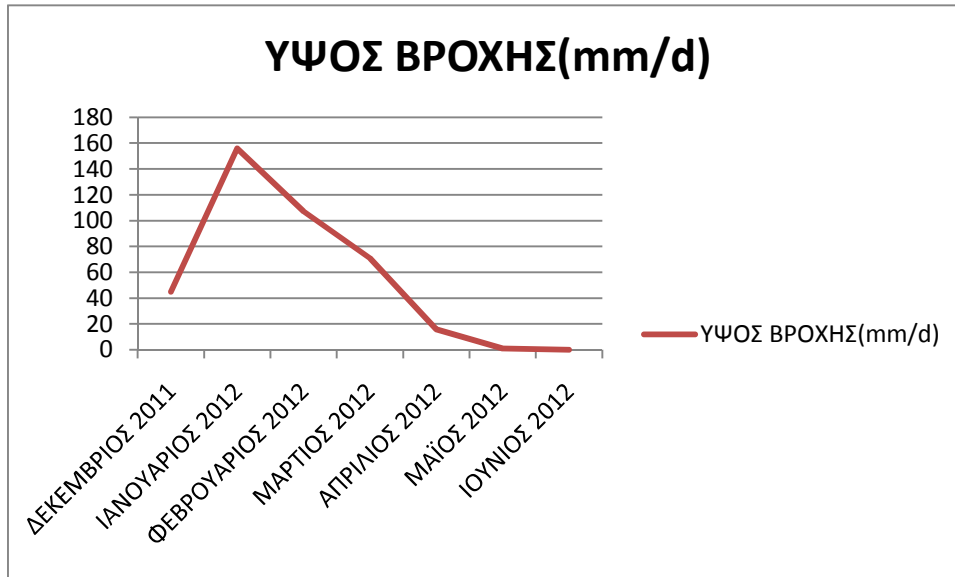
Δείγματα	Μέτρηση Απορρόφησης από φασματόφωτομέτρο	Μέτρηση συγκέντρωσης από φασματόφωτομέτρο	Συγκέντρωση P σε ppm από την καμπύλη	Χωρίς αραίωση	Σε mg	Σε mg στα 5gr εδάφους	Περιεκτικότητα φυτικού ιστού σε P %
5η Ανάδευση	0,031	2,386	2,480	12,400	0,620	3,100	0,251
6η Ανάδευση	0,036	2,861	2,880	14,400	0,720	3,600	0,291
7η Ανάδευση	0,017	1,267	1,360	6,800	0,340	1,700	0,138
8η Ανάδευση	0,023	1,823	1,840	9,200	0,460	2,300	0,186
9η Ανάδευση	0,024	1,863	1,920	9,600	0,480	2,400	0,194
10η Ανάδευση	0,025	1,935	2,000	10,000	0,500	2,500	0,202
11η Ανάδευση	0,029	2,241	2,320	11,600	0,580	2,900	0,235
12η Ανάδευση	0,032	2,490	2,560	12,800	0,640	3,200	0,259
13η Ανάδευση	0,015	1,179	1,200	6,000	0,300	1,500	0,121
14η Ανάδευση	0,019	1,485	1,520	7,600	0,380	1,900	0,154
15η Ανάδευση	0,018	1,364	1,440	7,200	0,360	1,800	0,146
16η Ανάδευση	0,011	0,785	0,880	4,400	0,220	1,100	0,089
17η Ανάδευση	0,018	1,412	1,440	7,200	0,360	1,800	0,146

Σχήμα 14:Πορεία φωσφόρου



1.11. Μέτρηση βροχής

Σχήμα 15:Μετρήσεις βροχής



Παραπάνω βλέπουμε τη πορεία των βροχοπτώσεων από 12/11 μέχρι 06/12.

Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που μελετήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι δείκτες της πορείας της κομποστοποίησης και της ποιότητας του παραγόμενου κόμποστ. Οι μήνες που κράτησε το πείραμα της κομποστοποίησης της κοπριάς χοίρων ήταν ιδιαίτερος βροχεροί και κρύοι για τα δεδομένα της Κρήτης, ειδικά από τον Δεκέμβριο μέχρι μέσα Απριλίου όπου η μεγάλη αυτή υγρασία επηρέασε τους φυσικοχημικούς παράγοντες. Σκοπός μας ήταν να δούμε κατά πόσο επηρέασε το κόμποστ η προσθήκη κατσίγαρου. Αυτό θα το επιτύχουμε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας με άλλες παρόμοιες εργασίες.

Ξεκινάμε πρώτα με τη θερμοκρασία: στη δική μου εργασία η θερμοκρασία ξεκίνησε από υψηλά επίπεδα, είχε μια πτώση και η πορεία της θερμοκρασίας έληξε σε μεγαλύτερα επίπεδα από την αρχή της κομποστοποίησης, εν αντιθέσει με τις τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν στην εργασία «Συγκομποστοποίηση στερεάς κοπριάς χοίρων με πριονίδι πεύκων ως οργανικό υπόστρωμα» (2005) των Yun Zhang, και Yong He, στην οποία η θερμοκρασία ξεκίνησε από χαμηλά επίπεδα, αυξήθηκε και έφτασε στη μέγιστη τιμή της, περίπου 67 °C και στους 3 σωρούς, περίπου ίδια με τη δική μου μέγιστη τιμή στη μέση περίπου του πειράματος και στη συνέχεια είχαμε πτώση αλλά το πείραμα κράτησε μόλις 28 ημέρες. Παρόμοια πορεία της θερμοκρασίας είχε και η εργασία «Ο μετασχηματισμός της οργανικής ύλης κατά τη διάρκεια της συγκομποστοποίησης των χοίρων κοπριάς με πριονίδια»(2005) των G.F. Huang , Q.T. Wu , J.W.C. Wong, B.B. Nagar αλλά σε διάστημα 60 ημερών και μέγιστη θερμοκρασία περίπου 68 °C. Έτσι, βλέπουμε ότι το δικό μας κόμποστ με ή χωρίς προσθήκη κατσίγαρου κρατούσε πιο σταθερή τη θερμοκρασία του και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Συνεχίζουμε με την υγρασία η οποία στην δική μου εργασία η τελική τιμή είναι 54,24%, ενώ στην εργασία των Yun Zhang, και Yong He ήταν 60,59.9 και 62.1 αντίστοιχα στους 3 σωρούς και στην εργασία «Maturity indices for composted dairy and pig manures» των P. Wang, C.M. Changa, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink ήταν 47,8 %. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας και στο τέλος των βροχοπτώσεων και με τη προσθήκη κατσίγαρου κρατούσαμε την υγρασία του σειραδίου σε επίπεδα πάνω από 50 % τους πρώτους καλοκαιρινούς μήνες.

Στη συνέχεια, η τελική τιμή του PH είναι 8,03 σε αντίθεση με το πείραμα των Yun Zhang, και Yong He όπου ήταν 6,6.3 και 6.53 στις 3 δοκιμές αντίστοιχα, στην εργασία «Οι δυνατότητες κομποστοποίησης διαφόρων οργανικών στερεών αποβλήτων: η εμπειρία από το νησί της Κρήτης»(2003) του Θρασύβουλου Μανιού σε κόμποστ κοπριάς χοίρων με φύλλα ελιάς και κληματόβεργες ήταν 6,6 και στην εργασία των P. Wang, C.M. Changa, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink ήταν 8,72. Άρα φαίνεται ότι η προσθήκη κατσίγαρου έκανε το κόμποστ πιο αλκαλικό.

Η τελική τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην εργασία μου είναι 3.3 mS, ξεκινώντας από 2,14 έχοντας φυσιολογική πορεία σε αντίθεση με την εργασία των Yun Zhang, και Yong He που ήταν 719μS, 809 μS και 989 μS αντίστοιχα στους 3 σωρούς. Στου κ. Μανιού ήταν 5,41 mS , ενώ στην εργασία «Co-Composting and Characterization of Swine Waste Solids and Its Use as a Soil Amendment in a Field

Study: The Effects of Duration of Composting. (Under the direction of John J. Classen.) » ήταν 2,5 mS και στην εργασία των P. Wang, C.M. Changa, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink ήταν 9 dS. Αυτό σημαίνει η ηλεκτρική αγωγιμότητα κινήθηκε σε μέτρια επίπεδα σε σχέση με τις άλλες εργασίες.

Η οργανική ουσία στο πείραμα μου είχε καθοδική πορεία στην αρχή και από τη μέση και μετά ανοδική μέχρι 51,1 % λόγω της προσθήκης κατσίγαρου. Στην εργασία των Yun Zhang, και Yong He ήταν 77,91 % και στην εργασία John J. Classen ξεκίνησε από 87 % με τελική τιμή 68%. Σαφώς μικρότερο ποσοστό από τις άλλες εργασίες που οφείλεται στις κλιματολογικές αλλαγές, δηλαδή άνοδο της θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων επειδή η οργανική ουσία αποσυντίθεται ταχύτερα στις υψηλότερες θερμοκρασίες.

Η πορεία των ποσοστών του οργανικού άνθρακα ήταν ανάλογη με της οργανικής ουσίας, ξεκίνησε από 50,75 και τελική τιμή 28,39 %, επηρεασμένη από τις κλιματολογικές συνθήκες και η άνοδος των ποσοστών της στις τελευταίες αναστροφές οφείλεται στη προσθήκη κατσίγαρου ο οποίος παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα, στην εργασία του κ. Μανιού ήταν 41,17 %, ενώ στην εργασία των P. Wang, C.M. Changa, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink ήταν περίπου 31,5 %.

Η τελική τιμή του ολικού αζώτου στην παρούσα εργασία είναι 0,3 %, στην εργασία των Yun Zhang και Yong He ήταν 0,67, 1,12 και 1,33% στους 3 σωρούς, στο κ. Μανιού ήταν 2,85%, ενώ σ' αυτήν των P. Wang, C.M. Changa, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink 2,14 %. Το άζωτο είναι άλλο ένα θρεπτικό στοιχείο που επηρεάστηκε κατά πολύ από τις κλιματολογικές συνθήκες, γι' αυτό η μεγάλη πτώση του αζώτου οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας και τη μείωση της υγρασίας.

Η τελική τιμή της σχέσης C/N είναι 94,32 και είναι πολύ μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες της εργασίας των Yun Zhang και Yong He οι οποίες είναι 48,9, 40,2 και 34,5 αντίστοιχα για τους τρεις σωρούς, της εργασίας του κ. Μανιού που ήταν 19,33 και της P. Wang, C.M. Changa, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink που ήταν 15,3.

Η τελική τιμή του φωσφόρου στην παρούσα εργασία είναι 0,146% ενώ στην εργασία των Yun Zhang και Yong He ήταν 0,33 %, 0,75 % και 0,81 % αντίστοιχα στους 3 σωρούς.

Τελικό συμπέρασμα της πτυχιακής εργασίας είναι ότι η κατάσταση του σειραδίου, οι φυσιολογικοί παραγόντες και τα θρεπτικά στοιχεία του επηρεάστηκαν από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικράτησαν στην Κρήτη τους χειμερινούς μήνες, οι οποίοι ήταν οι πιο ψυχροί και βροχεροί των τελευταίων χρόνων και η απάντηση στην ερώτηση για το αν το τελικό κόμποστ της κοπριάς των χοίρων και κλαδοκάθαρων με προσθήκη κατσίγαρου κάνει για εδαφοβελτιωτικό είναι ναι, επειδή:

Α) το ποσοστό σε περιεκτικότητα σε άζωτο του υλικού μας, το οποίο αποτελεί πρωταρχικό στοιχείο για τα φυτά και οπότε η συγκέντρωσή του επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό και την αξία του κόμποστ σαν

εδαφοβελτιωτικό προϊόν, είναι 0,3 % και κάνει για καλλιέργειες επειδή το επιφανειακό στρώμα καλλιεργούμενων εδαφών περιέχει άζωτο από 0,05% ως 0,4% κ.β. ενώ στο υπέδαφος το ποσοστό του αζώτου μπορεί να είναι και κάτω από 0,02%

Β)αντίθετα, ο λόγος C/N είναι αρκετά μεγάλος διότι ο κασίγαρος φέρει μεγάλο ποσοστό σε οργανικό άνθρακα και απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την αποσύνθεση των μικροοργανισμών. Η προσθήκη οργανικής ουσίας με υψηλό λόγο C/N στο έδαφος είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε εκδήλωση αζωτοδέσμευσης, η οποία είναι μια σταθερή επίδραση του κασίγαρου στους μικροβιακούς πληθυσμούς, το οποίο είναι πολύ θετικό για την οικονομία του αζώτου στο έδαφος

Γ)η προσθήκη κασίγαρου στο σειράδιο είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του PH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας όπου η αύξηση των δύο αυτών παραμέτρων οφείλεται σε ιόντα ωφέλιμα για τα φυτά, ενώ ταυτόχρονα αυξήθηκε και η οργανική ουσία με τη προσθήκη κασίγαρου στην 14^η αναστροφή και μετά, η οποία είναι ιδιαίτερα επιθυμητή.

Βιβλιογραφία

1. Abid N., Sayadi S. (2006). Detrimental effects of olive mill wastewater on the composting process of agricultural wastes. *Waste Management*. 26: 1099 - 1107.
2. Al-Malah, K., Azzam, M. O. J., Abu-Lail, N. I., 2000. Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay. *Separation and Purification Technology* 20, 225–234.
3. Τσικαλάς Π., «Σημειώσεις Εργαστηρίων Φυλλοδιαγνωστικής», Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Γεωπονίας, Ηράκλειο 1992.
4. Μανιός Θ., Φουντουλάκης Μ., Τερζάκης Σ., «Εργαστήριο Επεξεργασίας και Αξιοποίησης Υγρών Αποβλήτων», Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας, Ηράκλειο 2009.
5. Νταρακάς Ε. «Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού - Σημειώσεις μαθήματος Στοιχεία Χημείας Περιβάλλοντος», Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 2009.
6. Λοιζίδου Μ., «Σημειώσεις: Υγρά Απόβλητα», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Αθήνα 2006
7. Clesceri L.S, Greenberg A. E., Trussell R.R, “ Standard methods for the examination of water and wastewater” APHA, AWWA, WPCF, 20th edition, 1999
8. Operating Manual for Gerhardt ‘s Kjeldahl System .
9. http://biotech.aua.gr/EPEAEK/site_Biotech/gewp_biot/Labor_Bion_Nutr_PI/course_material/bouranis6right.htm
10. Chapman H., Pratt P.«Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters», Division of Agricultural Sciences, University of California, 1961
11. Golueke, C.G., «Composting: A study of the process and its principles», Rodate Press, Emmaus, Pennsylvania 1972.
12. Μανιός Β. «Διερεύνηση δυνατότητας παρασκευής φυτοχώματος από την εκχυλισμένη ελαιοπυρήνα», Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Εργαστήριο Μικροβιολογίας, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 1979

13. Δρ. Θρασύβουλος Μανιός «Κομποστοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων», Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Μηχανολογίας, Εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και υγρών Αποβλήτων, Ηράκλειο 2009
14. Balis C., Chatjipavlidis J., Flouri F. (1996). Olive mill waste as a substrate for nitrogen fixation. *International Biodeterioration & Biodegradation*. p. 169 - 178.
15. Cooperband L. (2002). *The art and science of composting. A resource for farmers and compost producers*. University of Wisconsin-Madison.
16. Epstein, E. 1997. *The science of composting*. CRC Press. Boca Raton. Florida.
17. Georgakakis D., Tsavdaris A., Bakouli J., Simeonidis S. (1995). Composting solid swine manure and lignite mixtures with selected plant residues. *Bioresource Technology*. 56: 195 - 200.
18. Papadimitriou E. K., Chatjipavlidis J., Balis C. (1996). Application of composting to olive mill wastewater treatment. *Environmental Technology*. 18: 101 - 107.
19. Paredes C., Roig A., Bernal M.P., Sanchez-Monedero M.A., Cegarra J. (2000). Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive-mill wastewater with solid organic wastes. *Biol Fertil Soils*. 32: 222 - 227.
20. Stentiford E. I. (1995). Composting control: principles and practice. In "The Science of Composting" (Eds: de Bertoldi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T.). Blackie Academic and Professional. Glasgow. Scotland. 1: 49 - 59.
21. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate, Yun Zhang, Yong He.
22. Co-Composting and Characterization of Swine Waste Solids and Its Use as a Soil Amendment in a Field Study: The Effects of Duration of Composting. (Under the direction of John J. Classen.)
23. Maturity indices for composted dairy and pig manures, P. Wang, C.M. Chang, M.E. Watson, W.A. Dick, Y. Chen, H.A.J. Hoitink
24. The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of Crete, T. Manios
25. Niaounakis, M. and Halvadakis, C.P. (2004), "Olive Mill Waste Management. Literature Review and Patent Survey" Typothito-George Dardanos, Athens, Greece
26. Sierra. J, Marti, E, Montserrat, G, Cruanas, R, and A. Garau. (2001). Characterisation and evolution of a soil affected by olive oil mill wastewater disposal. *The Science of the Total Environment* 279 2001 207_214
27. Tsonis, S.P., Tsola, V.P., and S.G. Grogopoulous (1989). Systematic characterization and chemical treatment of olive oil mill wastewater. *Toxicological & Environmental Chemistry* 20-21, 437-457
28. Μιχελάκης Ν., (2000): Απόβλητα ελαιοτριβείων: Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία, Ελαιοκομία

29. Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust
G.F. Huang , Q.T. Wu , J.W.C. Wong , B.B. Nagar
30. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο, Αριθμός Φύλλου 477,6 Απριλίου 2000
31. The effects of different composting techniques on nitrogen transformation and nitrogen loss, X. Wang, Y. Li 1*, Q. Chen, G. Li, F. Zhang
32. Characterization and evolution of a soil affected by olive oil mill waste water disposal, J. Sierra, E. Marti, G. Montserrat, R. Cruanas, M.A. Garau
33. Galiatsatou, P., Metaxas, M., Arapoglou, D., Kasselouri-Rigopoulou, V., 2002. Treatment of olive mill waste water with activated carbons from agricultural by-products. *Waste Manage.* 22, 803–812.
34. Azbar N., Yonar T. and Kestioglu K. (2004), Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and colour removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent, *Chemosphere*, **55**, 35-43
35. Eroglu, E., Gunduz, U., Yucel, M., Turker, L., Eroglu, I., 2004. Photobiological hydrogen production by using olive mill wastewater as a sole substrate source. *International Journal of Hydrogen Energy* 29, 163 – 171.
36. Al-Malah, K., Azzam, M. O. J., Abu-Lail, N. I., 2000. Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay. *Separation and Purification Technology* 20, 225–234.
37. Sierra, J., Marti, E., Montserrat, G., Cruanas, R., Garau, M. A., 2001. Characterisation and evolution of a soil affected by olive oil mill wastewater disposal. *The Science of the Total Environment* 279, 207-214.
38. Δ.Ε.Υ.Α.Η. Ηρακλείου: Δελτία μετρήσεων Θερμοκρασίας και βροχής