

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ



TECHNOLOGICAL  
EDUCATIONAL INSTITUTE *of*  
CRETE  
DEPARTMENT *of* AGRICULTURAL  
TECHNOLOGY

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΜΕ ΥΓΡΑ  
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**

**ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΜΑΡΑΓΚΑΚΗΣ**

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ, 2017

Στον Αγαπημένο μας Απόστολο που έφυγε απ' το ταξίδι της ζωής  
08/04/2016

Επιμελητές:  
Θρασύβουλος Μανιός  
Σαμπαθιανάκης Ιωάννης  
Φουντουλάκης Μιχαήλ

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

**Η** παρούσα διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο Εργαστήριο Αξιοποίησης Φυσικών πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Κρήτης, με την επιστημονική υποστήριξη και επίβλεψη του καθηγητή Δρ. Θ. Μανιού.

Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα κατ' αρχάς να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Θρασύβουλο Μανιό για τη συμμετοχή μου στο εργαστήριό του, για τη βοήθεια και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο ενδιαφέρον θέμα, καθώς και για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του εργαστηρίου που με συμβούλεψε και με βοήθησε στην πραγματοποίηση της εργασίας (Γεώργιος Δασκαλάκης, Ιωάννης Σαμπαθιανάκης) και ειδικότερα τη Φένια Γάλλιου και τον Νικόλαο Μαρκάκη.

Τέλος, αναμφίβολα πολλά ευχαριστώ αξίζουν όσοι συνέβαλαν με τον οποιοδήποτε τρόπο -πρακτικό ή συναισθηματικό- στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειάς μου, και ιδιαίτερα οι γονείς μου, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	III
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	IV
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VI
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	1
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ COMPOSTING.....	1
1.3 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ .....	2
1.3.1 ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	3
1.3.2 ΥΓΡΑΣΙΑ.....	4
1.3.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	5
1.3.4 ΑΝΘΡΑΚΑΣ.....	6
1.3.5 ΑΖΩΤΟ .....	6
1.3.6 Ο ΛΟΓΟΣ C/N .....	6
1.3.7 ΡΗ.....	8
1.3.8 ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ.....	8
1.3.9 ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ.....	10
1.4 ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	10
1.5 ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ .....	13
1.5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	13
1.5.2 ΣΥΣΤΑΣΗ.....	13
1.5.3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ .....	15
1.5.4 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	18
1.5.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ .....	22
1.6 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ .....	24
1.6.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	24
1.6.2 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ.....	27
1.6.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	27
1.6.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	28
1.6.5 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΤΑ ΕΙΔΟΣ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ .....	29
1.6.6 ΣΥΣΤΑΣΗ.....	31
1.6.7 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	31
1.6.8 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ .....	33
<b>2 ΥΛΙΚΑ &amp; ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>38</b>
2.1 ΠΡΩΤΕΣ ΎΛΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ .....	38
2.1.1 ΝΩΠΗ ΚΟΠΡΙΑ ΧΟΙΡΩΝ .....	38
2.1.2 ΝΩΠΗ ΚΟΠΡΙΑ ΒΟΟΕΙΔΩΝ .....	41
2.1.3 ΝΩΠΗ ΚΟΠΡΙΑ ΟΡΝΙΘΩΝ.....	43
2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ, ΑΝΑΔΕΥΣΕΩΝ & ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ .....	45
2.2.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	45
2.2.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ .....	46

2.2.3	ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	47
2.2.4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ (PH) ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (E.C.).....	48
2.2.5	ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΆΝΘΡΑΚΑΣ (TOC).....	49
2.2.6	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΤΑ ΚJELDAHL.....	51
2.2.7	ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΚΑΛΙΟΥ ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	54
2.2.8	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ.....	54
2.2.9	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	56
2.2.10	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΛΩΝ.....	57
<b>3</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>61</b>
3.1	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΝΩΠΗΣ ΚΟΠΡΙΑΣ ΧΟΙΡΩΝ.....	61
3.2	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΝΩΠΗΣ ΚΟΠΡΙΑΣ ΒΟΟΕΙΔΩΝ .....	64
3.3	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΝΩΠΗΣ ΚΟΠΡΙΑΣ ΟΡΝΙΘΩΝ .....	67
<b>4</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>70</b>
4.1	ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	70
	ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	72
	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	74
	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ :.....	78

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της δυνατότητας συμύκνωσης των θρεπτικών στοιχείων από δύο διαφορετικά υλικά (υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων και κτηνοτροφικά υπολείμματα), μέσα από τη διεργασία της κομποστοποίησης. Τα θρεπτικά στοιχεία των οποίων η συγκέντρωση μελετήθηκε κατά την πορεία της κομποστοποίησης, στη διάρκεια της οποίας γινόταν προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, ήταν το κάλιο, ο φώσφορος και το άζωτο.

Αναφορά στην παρούσα εργασία γίνεται σε ξεχωριστά κεφάλαια για την κομποστοποίηση και τους φυσικοχημικούς παράγοντες που την επηρεάζουν, γενικά για τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων και τα κτηνοτροφικά υπολείμματα, τα χαρακτηριστικά τους, αλλά και για τα προβλήματα που προκύπτουν από τη μη ορθή διαχείριση αυτών.

Σχετικά με την πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά κτηνοτροφικά υπολείμματα: κοπριές χοίρων (PiCS), κοπριές ορνίθων (PoCS) και κοπριά βοοειδών (CoCS), στα οποία γινόταν σταδιακά προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (κασίγαρος). Η πειραματική διεργασία πραγματοποιήθηκε σε κομποστοποιητές των δέκα δακτυλίων, με χωρητικότητα 70lt ο καθένας. Χρησιμοποιήθηκαν δύο κομποστοποιητές για κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά υλικά (έξι στο σύνολο της διεργασίας). Η κομποστοποίηση κράτησε περίπου 120 ημέρες για κάθε υλικό.

Καθ' όλη τη διάρκεια της κομποστοποίησης παρακολούθηθηκαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των μιγμάτων που προέκυψαν. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία των υλικών μετριόταν σε καθημερινή βάση, σε δυο διαφορετικά βάθη του κομποστοποιητή, ενώ παράμετροι όπως η υγρασία, το PH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.), ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), το ολικό άζωτο, ο ολικός φώσφορος και το κάλιο, προσδιορίζονταν για κάθε δειγματοληψία που λάμβανε χώρα μετά από κάθε ανάδευση του υλικού του κομποστοποιητή, περίπου ανά δύο εβδομάδες.

Απώτερο στόχο της διεργασίας αυτής αποτελεί η παραγωγή ενός εμπλουτισμένου σε θρεπτικά στοιχεία και οργανική ουσία προϊόντος, προκειμένου να αξιολογηθεί, όχι ως εδαφοβελτιωτικό, αλλά ως ένα προϊόν το οποίο θα μπορούσε να αντικαταστήσει μέρος της

απαιτούμενης χημικής λίπανσης σε διαφορετικές καλλιέργειες.

Με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας και συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα τα οποία πρόεκυψαν κατά τη διάρκεια αυτής, σημειώνονται ότι για τα τρία προς αξιολόγηση υλικά, οι συγκεντρώσεις όλων των θρεπτικών στοιχείων αυξήθηκαν σημαντικά, γεγονός που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για να γίνει αναφορά σε συμπύκνωση των θρεπτικών στοιχείων των υλικών που αναμίχθηκαν κατά την κομποστοποίηση. Τα καλύτερα αποτελέσματα προέκυψαν στην περίπτωση της κομποστοποίησης της κοπριάς των χοίρων, γεγονός το οποίο θα μπορούσε να αιτιολογηθεί, λαμβάνοντας υπόψη και την αρχική υφή και δομή αυτού του υλικού, καθώς αυτά επηρέασαν τόσο τη διάρκεια της κομποστοποίησης, όσο και την απορρόφηση ποσότητας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Αναμφίβολα, η σημαντικότερη αύξηση παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση του καλίου, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική και σίγουρα οφείλεται και στην επίσης αυξημένη, συγκριτικά με τα άλλα στοιχεία, συγκέντρωσή του στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων.

Συμπερασματικά, το τελικό παραγόμενο προϊόν θα μπορούσε να διερευνηθεί σε ερευνητικό επίπεδο ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησής του ως οργανικό λίπασμα, το οποίο θα μπορούσε ίσως να συμβάλλει και στην αντικατάσταση μέρους της απαιτούμενης χημικής λίπανσης σε διάφορες καλλιέργειες.





## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της δυνατότητας συμπύκνωσης των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν σε διαφορετικά είδη υπολειμμάτων και αποβλήτων, μέσα από τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Απώτερο στόχο της διεργασίας αυτής αποτελεί η παραγωγή ενός εμπλουτισμένου σε θρεπτικά στοιχεία και οργανική ουσία προϊόντος, προκειμένου να αξιολογηθεί, όχι ως εδαφοβελτιωτικό, αλλά ως ένα προϊόν το οποίο θα μπορούσε να αντικαταστήσει μέρος της απαιτούμενης χημικής λίπανσης σε διαφορετικές καλλιέργειες.

### 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ COMPOSTING

Ο όρος *composting* σημαίνει κόμποστ, δηλαδή η διαδικασία της αποσύνθεσης και της φυσικής ανακύκλωσης των οργανικών υλικών που καταλήγει στη δημιουργία μιας μάζας που μοιάζει με χώμα.

Όσον αφορά στην ιστορική ανασκόπηση, είναι δύσκολο να αποδοθεί η γέννηση της κομποστοποίησης σε μια κοινωνία. Η αρχαία Ακκαδική αυτοκρατορία στην κοιλάδα της Μεσοποταμίας αναφέρεται στη χρήση της κοπριάς στην γεωργία σε πήλινες πινακίδες, 1000 χρόνια πριν γεννηθεί ο Μωυσής. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι Ρωμαίοι, οι Έλληνες και οι φυλές του Ισραήλ γνώριζαν για το κόμποστ.

Η Βίβλος και οι Ταλμούδ περιέχουν πολλές αναφορές στη χρήση των σαπισμένων λιπασμάτων άχυρου, και οργανικές αναφορές σε κόμποστ περιλαμβάνεται στο δέκατο και δωδέκατο αιώνα σε Αραβικά γραπτά, σε μεσαιωνικά κείμενα Εκκλησίας και στην Αναγεννησιακή λογοτεχνία. Αξιοσημείωτοι συγγραφείς όπως ο Ουίλιαμ Σαίξπηρ, ο Σερ Φράνσις Μπέικον, Σερ Ουώλτερ Ράλεϊ ανέφεραν τη χρήση του κόμποστ.

Στην ήπειρό της Βόρειας Αμερικής τα οφέλη της κομποστοποίησης τ' απολάμβαναν, τόσο οι ιθαγενείς Αμερικανοί, όσο και οι πρόωροι Ευρωπαϊκοί άποικοι της Αμερικής. Ακόμη, πολλοί αγρότες της Νέας Αγγλίας έκαναν κόμποστ από συνταγή δέκα μερών κοπριάς προς ένα μέρος ψαριού, περιοδικά ανακατεύοντας τους σωρούς λιπάσματος μέχρι το ψάρι να αποσυντεθεί (εκτός από τα οστά).

Ένα αγρόκτημα στο Connecticut, των Stephen Hoyt και υιοί χρησιμοποιούσε 220.000 ψάρια σε μία σεζόν παραγωγής κόμποστ. Άλλα διάσημα άτομα που παρήγαγαν και προωθούσαν τη χρήση κόμποστ ήταν ο George Washington, Thomas Jefferson, James Madison, and George Washington Carver.

Στις αρχές του 20ού αιώνα η κομποστοποίηση είδε την ανάπτυξη μιας νέας "επιστημονικής" μεθόδου καλλιέργειας. Η εργασία που έγινε το 1840 από τον γνωστό Γερμανό επιστήμονα Justus von Liebig, απέδειξε ότι τα φυτά λάμβαναν τροφή από ορισμένες χημικές ουσίες σε διάλυμα. Έτσι, ο Liebig απέρριψε τη σημασία του χούμου επειδή ήταν αδιάλυτο σε νερό. Μετά από αυτή την ανακάλυψη, οι γεωργικές πρακτικές έγιναν όλο και περισσότερο χημικές στη φύση. Ο συνδυασμός της κοπριάς και των νεκρών ψαριών δεν φαινόταν και πολύ αποτελεσματικός δίπλα σ' ένα σάκο λιπάσματος. Για τους αγρότες, σε πολλές περιοχές του κόσμου, τα χημικά λιπάσματα πλέον αντικατέστησαν το κόμποστ.

Ο Σερ Albert Howard ένας Βρετανός αγρονόμος, πήγε στην Ινδία το 1905 και πέρασε σχεδόν 30 χρόνια πειραματιζόμενος με την οργανική κηπουρική και τη γεωργία. Βρήκε ότι το καλύτερο λίπασμα (κόμποστ) αποτελούνταν από τρεις φορές, τόση φυτική ύλη, όση η κοπριά, με υλικά που αρχικά επιστρώθηκαν κατά τη μόδα σάντουιτς, και στη συνέχεια άλλαζαν κατά την διάρκεια της αποσύνθεσης (γνωστή και ως μέθοδος Indore).

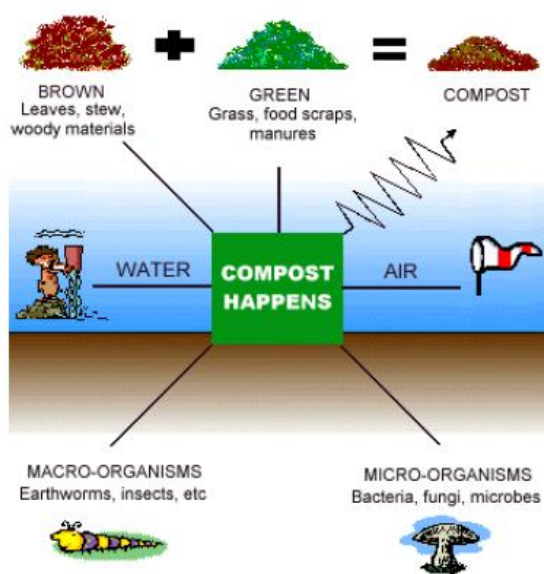
Το 1943, ο Sir Howard δημοσίευσε ένα βιβλίο, μια Διαθήκη γεωργίας, βασισμένη στην εργασία του. Το βιβλίο εκδήλωσε ενδιαφέρον για τις μεθόδους βιολογικής γεωργίας και του χάρισε την αναγνώριση ως ο σύγχρονος πατέρας της βιολογικής γεωργίας και της κηπουρικής. Έπειτα ο J.I. Rodale προχώρησε την έρευνα του Σερ Χάουαρντ περαιτέρω και εισήγαγε τους Αμερικάνους κηπουρούς στην αξία της κομποστοποίησης για τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους. Ίδρυσε ένα κέντρο ερευνητικής καλλιέργειας στην Πενσυλβανία καθώς και το μηνιαίο περιοδικό *Οργανική Κηπουρική*.

Τώρα οι οργανικές μέθοδοι στην κηπουρική και τη γεωργία γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς. Ένας αυξανόμενος αριθμός αγροτών και κηπουρών που στηρίζονται σε χημικά λιπάσματα συνειδητοποιεί την αξία του κομποστ για την ανάπτυξη των φυτών και την αποκατάσταση απεμπλουτισμένου χώματος (University of Illinois Extension).

### **1.3 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ**

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, ωστόσο 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 τις ενζυμικές λειτουργίες των μικροοργανισμών είναι P, S, Cu, Ni, Mo, Fe, Mg, Zn, Na. Παρ' όλα αυτά λίγα είναι γνωστά για τη σημαντικότητά τους στη διαδικασία της κομποστοποίησης. Στην Εικόνα 1 παρακάτω βλέπουμε του κυριότερους φυσικοχημικούς παράγοντες. (Σκιαδά Β. Γ., 2011).



**Εικόνα 1:** Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης

### 1.3.1 Οξυγόνο και αερισμός

Όπως έχει αναφερθεί, Κομποστοποίηση είναι η βιολογική, αερόβια, θερμοφιλή και ελεγχόμενη διεργασία μερικής αποσύνθεσης των οργανικών αποβλήτων επομένως το οξυγόνο είναι απαραίτητο. Τρεις βασικές μέθοδοι αερισμού παρέχουν Οξυγόνο κατά την κομποστοποίηση: α) Φυσικό γύρισμα της μάζας του κόμποστ, β) μεταφορά ροής αέρα, γ) μηχανικός αερισμός. Στην περίπτωση των κομποστοποιητών και των σειραδιών κομποστοποίησης (windrow method) χρησιμοποιούνται οι δύο πρώτοι τρόποι αερισμού, ενώ στα στατικά συστήματα (static systems) το οξυγόνο παρέχεται με χρήση αεριστήρων ή μεταφερόμενης ροής αέρα (Epstein, 1997)

Για να είναι αποτελεσματικός ο αερισμός πρέπει τα απόβλητα να έχουν «δομή» ώστε

να υπάρχουν κενά ανάμεσα στα σωματίδια της μάζας που κομποστοποιείται, όπου να μπορεί να εισχωρήσει εύκολα ο φρέσκος αέρας. Για το σκοπό αυτό συχνά προστίθενται διογκωτικά υλικά (άχυρο, πριονίδι, τεμάχια ξύλου κ.α.), ιδίως όταν τα απόβλητα δεν έχουν από μόνα τους μια δομή (π.χ. λάσπη βιολογικών καθαρισμών, κομμένο γρασίδι). Αν το ποσοστό υγρασίας είναι πολύ υψηλό, το νερό καταλαμβάνει τον κενό χώρο ανάμεσα στα σωματίδια του κομποστ και ο αερισμός γίνεται δυσχερής.

Επίσης, η ποσότητα του αέρα που χρειάζεται για την ψύξη του σωρού είναι περίπου 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για την οξυγόνωση. Καθώς ο ψυχρός εισερχόμενος αέρας θερμαίνεται, περνώντας μέσα από το σωρό, αυξάνει το σημείο κορεσμού του σε υδρατμούς. Έτσι, εξατμίζεται νερό μέσα από το σωρό και ελαττώνεται το ποσοστό υγρασίας του κομποστ. Επιτυγχάνεται έτσι μια «βιολογική» ξήρανση των αποβλήτων, παράλληλα με τον μετασχηματισμό τους σε πιο σταθερές μορφές.

Στα απλούστερα συστήματα κομποστοποίησης, όπου δεν υπάρχει μηχανικός αερισμός του σωρού, τόσο η οξυγόνωση, όσο και η ψύξη γίνονται με «γυρίσματα» (δηλαδή με κατάλληλη ανάδευση) του σωρού. Η συχνότητα του γυρίσματος εξαρτάται από το είδος των υλικών και το στάδιο της διεργασίας, και έχει πρωταρχικό στόχο τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σωρού (Stentiford E. I., 1995).

### **1.3.2 Υγρασία**

Η αλληλεξάρτηση ανάμεσα στην υγρασία και τον αερισμό προκύπτει από το γεγονός ότι ο αποτελεσματικός αερισμός της μάζας του κομποστ στο σωρό εξαρτάται από τα διάκενα (πόρους), ανάμεσα στα σωματίδια του κομποστ. Καθώς αυξάνει η υγρασία οι πόροι γεμίζουν νερό, τα διάκενα όπου μπορεί να κυκλοφορήσει ο αέρας μειώνονται και αρχίζουν να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες σε τμήματα του σωρού.

Από την άλλη μεριά, η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διεργασία που οφείλεται κατά κύριο λόγο σε βακτήρια των οποίων η μεταβολική δραστηριότητα πραγματοποιείται στην υγρή φάση.

Θεωρητικά δεν υπάρχει ανώτατο όριο υγρασίας για τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Ωστόσο, οι τεχνικές δυσκολίες και η οικονομική επιβάρυνση που συνεπάγεται ο επαρκής αερισμός ενός υγρού, θέτουν ένα ανώτατο όριο στο ποσοστό υγρασίας, για βέλτιστη κομποστοποίηση. Η βέλτιστη υγρασία εξαρτάται κατά κάποιο τρόπο

από τη σύνθεση και τη φυσική δομή των υλικών προς κομποστοποίηση. Έτσι μπορεί να είναι υψηλότερη για υλικά με γερή φυσική δομή (απόβλητα όπου άχυρο, πριονίδια, ξερά φύλλα ή τεμαχίδια ξύλου είναι τα κύρια συστατικά), ενώ υλικά όπως το χαρτί, υπολείμματα φαγητού, και γρασίδι, τα οποία τείνουν να 'πατικωθούν' πρέπει να έχουν χαμηλότερο ποσοστό νερού.

Ως γενικός κανόνας, η αρχική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται στο 60-70% και να μην αφήνεται να πέσει κάτω από 30-35% (Stentiford E. I., 1995). Κάτω από 25% υγρασία, η μικροβιακή δραστηριότητα παρεμποδίζεται ισχυρά, ενώ κάτω από 10-15% σταματά τελείως. Μια συνέπεια της έλλειψης νερού είναι ότι, καθώς εμποδίζεται η μικροβιακή δραστηριότητα το υλικό δίνει μια ψευδή εικόνα σταθεροποίησης. Έτσι μπορεί να διατεθεί ως έτοιμο κόμποστ στην αγορά. Όταν όμως ξαναβραχεί, στο χωράφι ή τον κήπο, η μικροβιακή δραστηριότητα επανακάμπτει και μπορεί να «κάψει» τα φυτά ή να απελευθερώσει δυσάρεστες οσμές.

### **1.3.3 Θερμοκρασία**

Καθώς οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά συστατικά στα απορρίμματα παράγεται θερμότητα η οποία εγκλωβίζεται στη μάζα του σωρού και ανεβάζει τη θερμοκρασία. Αρχικά η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών, οι οποίοι παράγουν περισσότερη θερμότητα και αυξάνουν και άλλο τη θερμοκρασία, σε έναν αλληλο-ενισχυόμενο κύκλο. Όταν όμως η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 45-50°C, η δραστηριότητα των μικροοργανισμών αρχίζει να ελαττώνεται και πάνω από τους 65°C πρακτικά μηδενίζεται. Έτσι για να πετύχουμε το μέγιστο ρυθμό βιο-αποδόμησης των οργανικών υλικών, πρέπει να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία σε ευνοϊκά για τους μικροοργανισμούς επίπεδα.

Ο άλλος ρόλος της θερμοκρασίας στην κομποστοποίηση είναι ότι η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες για κάποιο χρονικό διάστημα καταστρέφει πιθανούς παθογόνους οργανισμούς για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά. Πρέπει λοιπόν να ρυθμίζουμε τη θερμοκρασία σε τέτοια επίπεδα ώστε, αφ' ενός να μην παρεμποδίζεται η δραστηριότητα των ωφέλιμων μικροοργανισμών και αφ' ετέρου, να καταστρέφονται αποτελεσματικά οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Μία θερμοκρασία γύρω στους 55°C που θα διατηρηθεί για τουλάχιστον 3 ημέρες σε όλη τη μάζα του σωρού θεωρείται αρκετή για την καταστροφή των παθογόνων (USEPA, 1993).

#### 1.3.4 Άνθρακας

Ο άνθρακας οξειδώνεται μετατρέπόμενος σε διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) με αποτέλεσμα να μειώνεται η μάζα και να εκλύεται θερμότητα κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης. Ο C παρέχεται στη μικροβιακή κοινότητα από την αποδόμηση των φυτικών, ζωικών ή /και ανθρώπινων αποβλήτων και χρησιμοποιείται για την κυτταρική αύξηση. Κατά τη μικροβιακή δραστηριότητα το  $\text{CO}_2$  της αναπνοής αυξάνει και εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Ο άμεσα διαθέσιμος C καταναλώνεται αρχικά. Καθώς η κομποστοποίηση προχωρά, ο ρυθμός παραγωγής  $\text{CO}_2$  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.

#### 1.3.5 Άζωτο

Το άζωτο (N) είναι το βασικό συστατικό για τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών. Αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της μικροβιακής ανάπτυξης. Εάν το άζωτο είναι περιορισμένο η αποδόμηση θα προχωρήσει αργά. Σε περίσσεια μπορεί να χαθεί με τη μορφή της πτητικής αμμωνίας ή μέσω της μετατροπής της σε νιτρικά. Οι οργανισμοί χρειάζονται το άζωτο (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 άζωτο επίσης αποτελεί πρωταρχικό θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά, η συγκέντρωση του επομένως επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό και την αξία του κόμποστ σαν εδαφοβελτιωτικό προϊόν (Rynk et al., 1962).

#### 1.3.6 Ο λόγος C/N

Η πορεία της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης επηρεάζεται από την παρουσία του άνθρακα (C) και του αζώτου (N). Η αναλογία C: N αντιπροσωπεύει το σχετικό ποσοστό των δύο στοιχείων. Ένα υλικό, για παράδειγμα, το οποίο έχει 25 φορές τόσο άνθρακα όσο άζωτο λέγεται ότι έχει μία C:N αναλογία 25:1 ή πιο απλά C:N 25 (αναλογία 25). Στην πραγματικότητα η σημαντική σχέση είναι η αναλογία του διαθέσιμου άνθρακα προς το

διαθέσιμο άζωτο γιατί μπορεί να υπάρξει παρουσία άνθρακα τόσο ανθεκτική σε βιολογική επίθεση όπου η παρουσία του δεν είναι τόσο σημαντική. Οι οργανισμοί που αποσυνθέτουν την οργανική τους ύλη χρησιμοποιούν τον άνθρακα (C) ως πηγή ενέργειας και το άζωτο (N) για την οικοδόμηση της δομής των κυττάρων. Χρειάζονται περισσότερο άνθρακα απ' ότι άζωτο. Εάν υπάρχει πάρα πολύς άνθρακας η αποσύνθεση επιβραδύνεται και το άζωτο τελειώνει με αποτέλεσμα να πεθαίνουν κάποιοι οργανισμοί. Άλλοι οργανισμοί σχηματίζουν νέο κυτταρικό υλικό χρησιμοποιώντας το άζωτο που έχουν αποθηκευμένο.

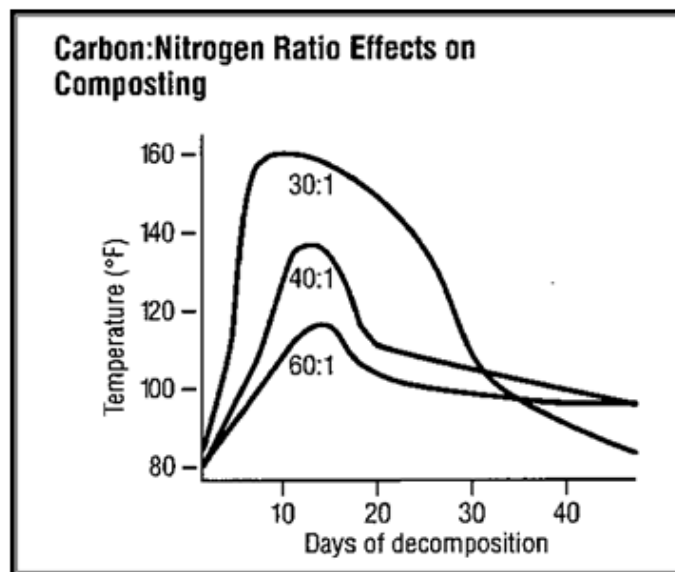
Κατά τη διαδικασία καίγεται περισσότερος άνθρακας έτσι, η ποσότητα του άνθρακα μειώνεται, ενώ το άζωτο ανακυκλώνεται. Ωστόσο, η αποσύνθεση διαρκεί πολύ περισσότερο όταν η αρχική αναλογία C:N είναι πολύ πάνω από 30.

### **Επίδραση C/N στη κομποστοποίηση**

Στο έδαφος, η χρήση της οργανικής ύλης με υπερβολικό άνθρακα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα. Για να ολοκληρώσουν το κύκλο του αζώτου και να συνεχίσουν την αποσύνθεση, τα μικροβιακά κύτταρα θα συγκεντρώσουν κάθε διαθέσιμο άζωτο του εδάφους στη σωστή αναλογία για να χρησιμοποιήσουν τον διαθέσιμο άνθρακα. Αυτό είναι γνωστό ως "κλοπή" του εδάφους του αζώτου και καθυστερεί την διαθεσιμότητα του ως λίπασμα για την καλλιέργεια φυτών, μέχρι κάποια μεταγενέστερη εποχή όταν δεν θα χρησιμοποιείται ποια στους κύκλους ζωής των βακτηρίων του εδάφους.

Όταν η πηγή ενέργειας, ο άνθρακας, είναι λιγότερη από αυτή που απαιτείται για την μετατροπή του διαθέσιμου αζώτου σε πρωτεΐνη, οι οργανισμοί κάνουν πλήρη χρήση του διαθέσιμου άνθρακα και απαλλάσσονται από το περίσσειμα του αζώτου, ως αμμωνία. Αυτή η απελευθέρωση της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα παράγει απώλεια του αζώτου από το σωρό του κόμποστ και θα πρέπει να διατηρείται στο ελάχιστο.

Μία αναλογία C:N του 20, όπου C και N είναι οι διαθέσιμες ποσότητες, είναι το ανώτερο όριο στο οποίο δεν υπάρχει κίνδυνος "κλοπής" του εδάφους του αζώτου. Αν μια σημαντική ποσότητα του άνθρακα είναι σε μορφή λιγνίνης ή άλλων ανθεκτικών υλικών, η πραγματική αναλογία άνθρακα προς άζωτο θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερη από 20. Η αναλογία C:N είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στη κομποστοποίηση και για να αποτραπεί η "κλοπή" του αζώτου από το έδαφος και για να διατηρηθεί το μέγιστο άζωτο στο κόμποστ.



**Εικόνα 2:** Επίδραση αναλογίας άνθρακα / αζώτου (C:N) στην κομποστοποίηση (Washington State University)

### 1.3.7 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, ωστόσο επιτυχής κομποστοποίηση παρατηρείται και σε μεγαλύτερο 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)

### 1.3.8 Μικροβιακός πληθυσμός

Η μικροβιολογία είναι η καρδιά της διαδικασίας του composting. Ο μικροβιακός πληθυσμός είναι πολυάριθμος και συχνά φτάνει στα επίπεδα του 10% (10<sup>9</sup> - 10<sup>10</sup> βακτηριακά κύτταρα/g κόμποστ). Η κατανόηση της ποικιλομορφίας και της αλληλοδιαδοχής των μικροβιακών πληθυσμών μπορεί να μας βοηθήσει να διακρίνουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της κομποστοποίησης. Εφόσον διαφορετικοί οργανισμοί



χρησιμοποιούν διαφορετικές πηγές άνθρακα, η γνώση των μικροβιακών πληθυσμών και της δραστηριότητάς τους μπορεί να προτείνει εκείνες τις αλλαγές στην διαδικασία της κομποστοποίησης, οι οποίες να οδηγήσουν σε καλύτερη αποσύνθεση (Erstein, 1997).

Στην 1<sup>η</sup> μεσόφιλη φάση τα υποστρώματα είναι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και το pH είναι συνήθως ελαφρώς όξινο. Μεσόφιλα ή / και θερμοανθεκτικά βακτήρια και μύκητες είναι οι κυρίαρχοι αποικοδομητές της οργανικής ουσίας στα πρώτα στάδια της διαδικασίας κομποστοποίησης. Τα βακτήρια (συμπεριλαμβανομένων και των ακτινομυκήτων) είναι γενικώς αυτά που επικρατούν αριθμητικά. Για τα βακτήρια η άριστη υγρασία κυμαίνεται από 50-60%, ενώ προτιμούν pH ουδέτερο. Οι ακτινομύκητες αναπτύσσονται πιο αργά σε σχέση με τα βακτήρια και τους μύκητες και είναι αναποτελεσματικοί ανταγωνιστές όταν τα επίπεδα των θρεπτικών είναι υψηλά (Beffa et al., 1995).

Καθώς η υγρασία ελαττώνεται η θερμοκρασία αυξάνει πάνω από 30°C και τα υποστρώματα γίνονται πιο αλκαλικά, οι ακτινομύκητες, και κυρίως οι στρεπτομύκητες "αγωνίζονται" να επιβιώσουν. Στη θερμοφιλή πλέον φάση οι ακτινομύκητες ανταγωνίζονται με άλλους οργανισμούς για θρεπτικά και μπορεί να αναστέλλουν τη μικροβιακή ανάπτυξη με παραγωγή αντιβιοτικών, λυτικών ενζύμων, ή ακόμη και παρασιτισμό. Οι περισσότεροι ακτινομύκητες αντέχουν σε υψηλότερο pH από τους μύκητες (pH μεταξύ 7 και 8). Γενικώς όσο υψηλότερη η θερμοκρασία, τόσο αποτελεσματικότερη είναι η εξάλειψη των παθογόνων. Τόσο οι θερμοφιλοί όσο και οι μεσόφιλοι αναφέρονται σαν καλοί αποικοδομητές της κυτταρίνης αν και οι πρώτοι θεωρούνται καλύτεροι. Η βέλτιστη θερμοκρασία αποικοδόμησης της κυτταρίνης είναι περίπου 65°C, εξ' ου και η αποικοδόμηση της γίνεται κυρίως από ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες ένζυμα. Οι μύκητες έχουν μεγαλύτερη ικανότητα αποικοδόμησης της κυτταρίνης και της λιγνίνης από τους ακτινομύκητες και τα βακτήρια εν γένει. Σε θερμοκρασίες άνω των 60°C, η αποικοδόμηση πραγματοποιείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από θερμοφιλά βακτήρια (Beffa et al., 1995).

Στις ίδιες θερμοκρασίες ο αριθμός και η ποικιλότητας των ακτινομυκήτων μειώνεται, άρα και η συμβολή τους στη διαδικασία της αποικοδόμησης. Τέλος στη φάση της ωρίμανσης ένα πρόβλημα που προκύπτει είναι η ατελής αποδόμηση της κυτταρίνης. Η εναπομένουσα κυτταρίνη είναι πιθανόν απρόσιτη σε ενζυματική δράση λόγω έλλειψης νερού ή ισχυρής σύνδεσης της με άλλες ουσίες όπως η λιγνίνη. Βακτήρια που σχετίζονται με το γένος *Arthrobacter* αποτελούν ένα σημαντικό κλάσμα της φυσικής βακτηριακής χλωρίδας στο χόμα και η παρουσία τους καθώς και ο πληθυσμός τους στα ώριμα κόμποστ αποτελούν μία

επιπρόσθετη μικροβιολογική παράμετρο εκτίμησης της ωριμότητας του κόμποστ. (Ryckeboer et al., 2003).

### 1.3.9 Μέγεθος Τεμαχιδίων

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει σημαντικά τη μικροβιακή δραστηριότητα αφού ο πολυτεμαχισμός του αυξάνει την επιφάνεια τη δυναμένη να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των μικροοργανισμών, αλλά 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 κοκομετρική σύνθεση του τελικού κόμποστ 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 εκ. και 7,5 εκ. κατά προσέγγιση. (Μανιός Θ. 2003β).

## 1.4 ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η άνοδος της θερμοκρασίας της οργανικής ύλης είναι μια διαδικασία αυτο-θέρμανσης που είναι το αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας και της μικροβιακής αναπνοής. Έτσι, όταν η μάζα του κόμποστ μονώνεται, η παραγόμενη θερμότητα αυξάνει τη θερμοκρασία του υλικού. Η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει το μικροβιακό πληθυσμό μέσα από αλλαγές στους μεσόφιλους και θερμόφιλους μικροοργανισμούς, το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει το ρυθμό αποδόμησης. Η μικροβιακή αναπνοή μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης της αποδόμησης και της σταθεροποίησης του τελικού προϊόντος. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης το  $O_2$  καταναλώνεται, ενώ απελευθερώνονται  $CO_2$  και  $H_2O$ . Επιπλέον  $NH_4^+$  και άλλα πτητικά συστατικά απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα (Epstein, 1997).

Η διαδικασία της κομποστοποίησης διακρίνεται από τέσσερις φάσεις σύμφωνα με τον Miller (1996), όπως αναφέρεται στους Bonitoetal. (2010) :

α) η αρχική μεσόφιλη φάση ( $10 - 42^\circ C$ ) κατά την οποία η θερμοκρασία αυξάνει ραγδαία,

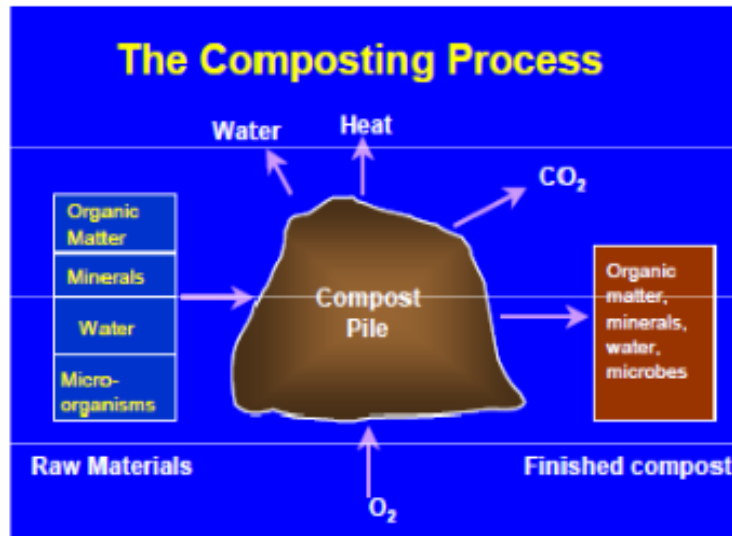
β) η θερμόφιλη φάση ( $45 - 70^\circ C$ ), η οποία χαρακτηρίζεται από εκτεταμένες υψηλές

θερμοκρασίες,

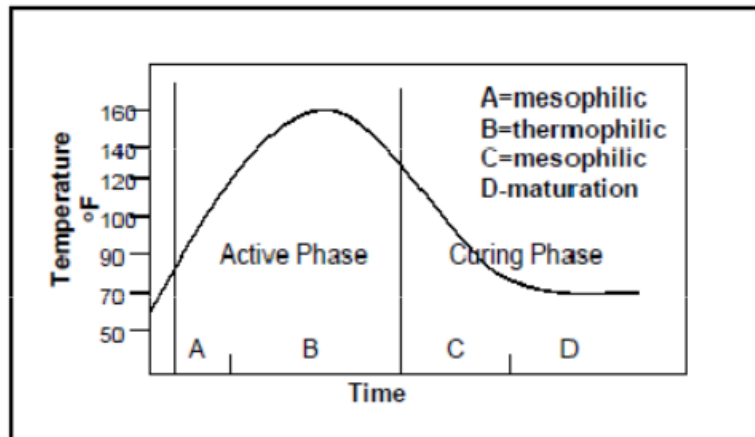
γ) η ενδιάμεση μεσόφιλη φάση (65 – 50°C) κατά την οποία η θερμοκρασία μειώνεται,

δ) η φάση ωρίμανσης (50 – 23°C) κατά την οποία η οργανική ουσία και η βιολογικά παραγόμενη θερμότητα σταθεροποιούνται.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η διαδικασία της κομποστοποίησης και οι θερμοκρασιακές μεταβολές αυτής.



**Εικόνα 3:** Διαδικασία του Composting [Bonito et al. (2010)]



**Εικόνα 4:** Θερμοκρασιακές μεταβολές σε έναν μέσο σωρό κομποστοποίησης (Beffa et al., 1995)

Η θερμοκρασία αντανακλά, τόσο την προ κομποστοποίησης μικροβιακή δραστηριότητα, όσο και τον τρέχοντα ρυθμό μικροβιακής δραστηριότητας. Η αρχική γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας περιλαμβάνει μια ταχεία μετάβαση από τη μεσόφιλη στη

θερμόφιλη μικροχλωρίδα. Το οικοσύστημα του κόμποστ τότε, τείνει να περιορίσει τον εαυτό του εξαιτίας των ανασταλτικών υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίες οφείλονται στην υπερβολική συσσώρευση θερμότητας. Εάν η διαχείριση γίνεται σωστά (καλός αερισμός, συχνά γυρίσματα κ.α.), η θερμόφιλη φάση συνεχίζεται έως ότου η παραγωγή θερμότητας γίνει μικρότερη από τη σπατάλη θερμότητας, εξαιτίας της εξάντλησης των εύκολα αφομοιώσιμων υποστρωμάτων. Στη φάση ωρίμανσης η ποσότητα των εύκολα διαθέσιμων θρεπτικών γίνεται περιοριστικός παράγοντας, προκαλώντας πτώση στη μικροβιακή δραστηριότητα και στην παραγωγή θερμότητας. Σε όλες αυτές τις θερμοκρασιακές αλλαγές πλήθος μικροβιακών ομάδων επικρατεί έναντι άλλων, με κάθε ομάδα να προσαρμόζεται σε ένα ιδιαίτερο περιβάλλον (Beffa et al., 1995).

Ο απώτερος στόχος της κομποστοποίησης είναι η παραγωγή ενός χουμικού προϊόντος το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βελτίωση του εδάφους και στη φυτική ανάπτυξη. Δύο όροι αναφέρονται στη βιβλιογραφία, ο όρος «σταθεροποίηση» και ο όρος «ωρίμανση». Αυτοί οι δύο δεν είναι συνώνυμοι μεταξύ τους. Η σταθεροποίηση είναι ένα στάδιο της αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας και μια λειτουργία της βιολογικής δραστηριότητας.

Η ωρίμανση είναι μια οργανο-χημική κατάσταση του κόμποστ η οποία δείχνει την παρουσία ή απουσία φυτοτοξικών οργανικών οξέων. Η ωρίμανση σχετίζεται με τη φυτοτοξικότητα η οποία προκύπτει από ανόργανα χημικά και την αλατότητα του προϊόντος. Άλλοι παράγοντες που εμπλέκονται στη φυτοτοξικότητα και οδηγούν στην αναστολή της βλάστησης και της φυτικής ανάπτυξης είναι τα ιχνοστοιχεία, τα βαρέα μέταλλα, η αμμωνία, το CO<sub>2</sub> (Epstein et al., 1997).

Διάφορα τεστ έχουν αναπτυχθεί για τη μελέτη της σταθεροποίησης του κόμποστ, μεταξύ των οποίων η αναπνευστική δραστηριότητα (μέσω της παραγωγής CO<sub>2</sub> ή της κατανάλωσης O<sub>2</sub>) και η αυτοθέρμανση του σωρού. Μειωμένη αναπνευστική δραστηριότητα συνεπάγεται μείωση του βιοδιασπώμενου C και αυξημένη σταθεροποίηση του C (Brewer & Sullivan, 2003).

## **1.5 ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ**

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται σύντομη αναφορά σε θέματα που σχετίζονται με τα Υγρά Απόβλητα των Ελαιοτριβείων (ΥΑΕ ή κασίγαρος) και τη διαχείριση αυτών, όπως είναι οι μέθοδοι επεξεργασίας αυτού, τα χαρακτηριστικά του, καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

### **1.5.1 Μέθοδοι επεξεργασίας**

Οι μέθοδοι διαχείρισης των αποβλήτων (των 3 φασικών ελαιοτριβείων) που κατά καιρούς εξετάστηκαν σε εργαστηριακό η και πιλοτικό επίπεδο δυστυχώς δεν έδωσαν μέχρι σήμερα, παρά τις τεράστιες πιστώσεις που αναλώθηκαν, τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά εφικτές λύσεις. Οι μέθοδοι που κατά καιρούς εξετάστηκαν επεκτάθηκαν στην αναερόβια επεξεργασία, στην ανάκτηση οργανικών υπολειμμάτων, στην χουμοποίηση, στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων με νέους τύπους ελαιουργείων (φυγοκεντρικά 2 και 2,5 φάσεων) στην χρήση δεξαμενών εξάτμισης.

Οι περισσότερες από τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν σε πιλοτικές εγκαταστάσεις ή προτάθηκαν από διάφορους μελετητές, ερευνητές ή εμπορικούς οίκους απαιτούσαν μηχανολογικό εξοπλισμό κόστους πολλαπλάσιου της αξίας των ελαιουργείων και χρειάζονταν εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό για τη λειτουργία τους. Έτσι συνήθως λειτουργούσαν μόνο όσο χρόνο επαρκούσαν οι πιστώσεις των προγραμμάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις παραβλέπεται και δεν εκτιμάται σωστά το γεγονός ότι τα περισσότερα από τα ελληνικά ελαιουργεία είναι μικρού ή μεσαίου μεγέθους, διάσπαρτα από 1 ή 2 σε κάθε χωριό και έχουν ακανόνιστη και αρκετές φορές μη δυνάμενη να προβλεφθεί διάρκεια λειτουργίας ημερησίως (Γεωργακαράκος Κ. 2013).

### **1.5.2 Σύσταση**

Στους Πίνακες 2 & 3 παρουσιάζονται τα κυριότερα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και συστατικά των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων (ΥΑΕ). Η σύνθεση και τα κύρια φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των ΥΑΕ εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως, την ποικιλία της ελιάς, τις κλιματολογικές συνθήκες, το στάδιο ωρίμανσης, την κατάσταση θρέψης, το σύστημα συλλογής του ελαιοκάρπου με σημαντικότερη την

τεχνική επεξεργασίας όπου οι διαφορές της σύστασης μεταξύ υδραυλικών πιεστηρίων και φυγοκεντρικών τριών φάσεων, είναι σημαντικές.

**Πίνακας 1.:** Κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων (Fiestas & Borja 1992, Hamdi & Ellouz 1992).

Παράμετρος	Όρια τιμών
Νερό %	83-94
Οργανικά συστατικά %	4-16
Ανόργανα συστατικά %	1-2
Πυκνότητα (g/cm <sup>3</sup> )	1,024
Αγωγιμότητα (μS/ cm)	8.0000-160000
pH	4,5-6,5
Βιολογικά απαιτούμενα οξυγόνο (BOD <sub>5</sub> ) mg/l	14.000-110.0000
Χημικά απαιτούμενα οξυγόνο (COD) mg/l	41.400-130.000

Τα ανόργανα συστατικά των ΥΑΕ όπως το Κάλιο, ο Φώσφορος, το Μαγνήσιο καθώς και πολλά ιχνοστοιχεία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της μεγάλης λιπαντικής τους αξίας. Στα φαινολικά που έχουν ανιχνευθεί θα πρέπει να προστεθούν επίσης πολυμερείς ουσίες καστανόμαυρου χρώματος που δεσμεύονται δευτερογενώς μέσω ενζυμικών αντιδράσεων που αρχίζουν αμέσως μετά την έκθλιψη του ελαιοκάρπου (Saiz-Jimenez & al. 1986). Γενικά οι οργανικές ουσίες των ΥΑΕ μπορούν να διαχωριστούν σε ενώσεις άμεσα διασπούμενες (π.χ. σάκχαρα, οργανικά οξέα, αμινοξέα), βιοαποδομήσιμα πολυμερή (πρωτεΐνες, ημικυταρρίνες) και δύσκολα διασπώμενα συστατικά όπως μεγαλομοριακές λιπαρές ουσίες και φαινολικές ενώσεις (Οιχαλιώτης & Ζερβάκης 2000).

**Πίνακας 2.:** Κύρια συστατικά των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων (Ζερβάκης & Μπαλής 1996).

Συστατικό	Συγκέντρωση(%)	Κύρια συστατικά
Νερό	83-92	
Λίπη	0,03-1,00	Υπολείμματα ελαίου
Αζωτούχες ουσίες	1,2-2,4	Γλουταμίνη, Γλυκίνη, Αργινίνη, Ισπιδίνη, Προλίνη, Τυροσίνη, Φαινυλαλανίνη, Λυσίνη, Μεθειονίνη, Γλυκοζαμίνη κ.ά.
Σάκχαρα	2,0-8,0	Ραφινόζη, Μανόζη, Σακχαρόζη, Γλυκόζη, Αραβινόζη, Ραμνόζη, Γαλακτόζη, Ξυλόζη
Οργανικά οξέα	0,5-1,5	Οξικό, Ηλεκτρικό, Κιτρικό, Γλυκερινικό,
Συστατικό	Συγκέντρωση(%)	Κύρια συστατικά
Πολυσακκάρια	0,5-1,5	Γαλακτικό, Μηλικό, Μηλονικό, Οξαλικό, Τρυγικό, Φουμαρικό, Γλυκερίνη, Μανιτόλη
Πηκτίνες, Τανίνες	0,4-1,5	
Φαινολικές ενώσεις	0,3-0,8	<b>Φλαβονοειδή:</b> Απεγινίνη, Λουτεολίνη, Κερσετίνη, Λουτεολίνη. <b>Φαινόλες:</b> Καφεϊκό, Κινναμικό, 2,6-διυδροξυβενζοϊκό, π-υδροξυβενζοϊκό, Συρινγγικό, Φερούλικό, π-κουμαρικό, Βανιλλικό, Βερατρικό, Πρωτοκατεχικό, Υδροξυτυροσολή, Τυροσολή, Πυροκατεχικό. Ελαϊσευρωπαΐνη
Ανόργανα συστατικά	0,4-1,5	K, P, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cl, S

Οι Visioli & al. (1995) αναφέρουν ότι τα εκχυλίσματα από ΥΑΕ διαθέτουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση και θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια φθηνή πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών.

Παρά το ότι το πιο σημαντικό από ποσοτική άποψη τμήμα του οργανικού κλάσματος καταλαμβάνουν τα σάκχαρα από ποιοτική άποψη οι πολυφαινόλες και οι λιπαρές ουσίες είναι τα πιο σημαντικά συστατικά, διότι προσδίδουν στα ΥΑΕ ανεπιθύμητες ιδιότητες (χρώμα, φυτοτοξικότητα, εμμονή στο περιβάλλον).

Η συγκέντρωση μικροοργανισμών στα ΥΑΕ είναι της τάξης των 105/ ml. Οι πιο κοινοί είναι βακτήρια του γένους *Pseudomonas* ή μικροοργανισμοί που χαρακτηρίζονται από την ικανότητα τους να μετασχηματίζουν δύσκολα διασπώμενα συστατικά, όπως μεγαλομοριακές λιπαρές ουσίες, και φαινολικά συστατικά. Επίσης συναντάμε ζύμες του γένους *Saccharomyces* και μύκητες *Penicillium* και *Aspegillus*.

Άλλοι μικροοργανισμοί που έχουν απομονωθεί από ελαιόκαρπο είναι στελέχη μυκήτων και βακτηρίων από τα γένη *Aerobacter*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Fusarium* (Fiestas & Borja 1992).

**Πίνακας 3:** Κύρια χαρακτηριστικά των ΥΑΕ από κλασσικά και φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία (Fiestas & Borja 1992, Μπαλατσούρας 1997).

Χαρακτηριστικά	Τύπος Ελαιοτριβείου	
	Κλασσικό	Φυγοκεντρικό
Αλατότητα (mmhos /cm)	8-16	8-16
pH	4,5-5	4,7-5,2
<i>Ρυπογόνο Δυναμικό</i>		
COD (kg/m <sup>3</sup> )	120 -130	45-60
BOD <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	90-100	35-48
Αιωρούμενα στερεά (g/l)	1	9
Ολικά στερεά(g/l)	120	60
Στερεά οργανικά (g/l)	15	5
Πτητικά στερεά (g/l)	105	55
Λίπη(g/l)	0,5-1,0	3-10

### 1.5.3 Γενικά χαρακτηριστικά των 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 8m<sup>3</sup> και 15m<sup>3</sup> 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/BOD<sub>5</sub> 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.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων και το εύρος τιμών τους παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 4.



**Πίνακας 4.:** Εύρος τιμών φυσικοχημικών παραμέτρων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (Sierra J. Et al., 2001)

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

Η σύνθεση του υγρού αποβλήτου των ελαιοτριβείων αποτελείται από 83-94% νερό, 4 - 16% οργανική ύλη (πηκτίνες, λιπίδια, πρωτεΐνες, πολυαλκοόλες, πολυσακχαρίδια, οργανικά οξέα, αλκοόλες, αλδεΐδες, οργανικά μόρια χαμηλού μοριακού βάρους) και 0,4-2,5% ανόργανη ύλη που βρίσκεται υπό μορφή ανόργανων αλάτων (άλατα του ανθρακικού οξέος, φωσφορικά άλατα, ιόντα νατρίου, καλίου, ασβεστίου, σιδήρου, χαλκού, μαγνησίου, μαγγανίου, ψευδαργύρου και χλωρίου) (Cabrera, et. al., 1996).

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

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

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

Το COD των αποβλήτων του φυγοκεντρικού ελαιοτριβείου έχει μικρότερη τιμή από το κλασικό, λόγω της αραίωσης του με μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Τα παραδοσιακά ελαιοτριβεία παράγουν περίπου 400lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιόκαρπου, ενώ τα φυγοκεντρικά 1000lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιόκαρπου, λόγω της μεγάλης χρησιμοποίησης νερού κατά την εξαγωγή του ελαιόλαδου (Rana et al., 2003).

#### **1.5.4 Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά**

##### **1.5.4.1 Χρώμα υγρών αποβλήτων**

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι το έντονο σκούρο χρώμα. Αυτό το χρώμα οφείλεται στη παρουσία τανινών που περιέχονται στο φλοιό του ελαιοκάρπου και στα φαινολικά μόρια, που βρίσκονται σε αναλογία απλών φαινολικών ενώσεων και πολυφαινολών οι οποίες αποτελούν σκουρόχρωμες ενώσεις. Το απόβλητο γίνεται πιο σκούρο κατά την αποθήκευσή του στις εξατμισοδεξαμενές εξαιτίας των αντιδράσεων οξείδωση και πολυμερισμού των πολυφαινολών που λαμβάνουν χώρα. Για το σκούρο χρώμα οφείλεται ένα πολυμερές μόριο που προκύπτει από διάφορες απλές φαινολικές ενώσεις. Το μόριο αυτό έχει συνδεθεί χημικά με τη λιγνίνη και τα χουμικά οξέα. Ίσως παράγεται κατά την ενζυμική αφυδρογόνωση κατά τον πολυμερισμό φαινολών (Niaounakis, 2004).

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

##### **1.5.4.2 Φυτοτοξικότητα**

Οι φυτοτοξικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων οφείλονται σε φαινολικές ενώσεις, πτητικά, οργανικά οξέα (οξικό οξύ και φορμικό οξύ), πολυ-αλκοόλες και

άλλα μόρια. Με αυτόν τον τρόπο ο κασίγαρος επηρεάζει την ορμονική λειτουργία των φυτών, νεκρώνει τα νεαρά σποριόφυτα, αποκόπτει τα φύλλα και τους καρπούς, εμποδίζει την ανάπτυξη των σπόρων και των νέων φυτών ιδιαίτερα τα ποώδη φυτά.

Όταν όλα τα προηγούμενα συστατικά βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις, δηλαδή να γίνει απευθείας διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τότε επηρεάζουν αρνητικά ιδιαίτερα τα φυτά που βρίσκονται σε βλαστικό στάδιο. Η διάθεση του κασίγαρου σε καλλιέργειες αγρωστωδών, υπό επεξεργασμένο και ελεγχόμενο τρόπο, δηλαδή σε χαμηλές συγκεντρώσεις, δεν προκαλούν κίνδυνο φυτοτοξικότητας, δεν υπάρχει αρνητική επίδραση στην βλαστικότητα και στη φυσιολογική πρόωμη ανάπτυξη των φυτών. Οι κατάλληλες δόσεις κασίγαρου κυμαίνονται από 40 έως 80 m<sup>3</sup>/ha (D'annile, bonari, Della, 2004).

Επίσης, οι αρνητικές επιδράσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στα φυτά μετά από άρδευση, οφείλονται στην υψηλή αγωγιμότητα, το χαμηλό pH, και την τοξικότητα ορισμένων ιόντων που περιέχουν (Paredes et al., 1987).

#### **1.5.4.3 Τοξικότητα υγρών αποβλήτων σε μικροοργανισμούς**

Η παρουσία υψηλού οργανικού φορτίου, υψηλές συγκεντρώσεις σε φαινόλες και τανίνες και η υψηλή περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά είναι υπεύθυνα για την υψηλή τοξικότητα σε μικροοργανισμούς. Οι τανίνες μπορεί να είναι πολύ τοξικές αλλά μπορούν να αποικοδομηθούν βιολογικά, ενώ οι πολυφαινόλες έχουν αντιμικροβιακή δραστηριότητα. Οπότε επηρεάζουν αρνητικά τις βιολογικές διαδικασίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, αφού είναι δύσκολα βιοαποικοδομήσιμες αν και έχουν μικρή τοξικότητα. Δοκιμές σε έκθεση τριών υδρόβιων οργανισμών (*Vibrio fischeri*, *Thamnocephalus platyurus*, *Daphnia magna*) οδήγησε σε υψηλές τιμές οξείας τοξικότητας (Paixao et al., 1999).

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων προκάλεσαν παρεμποδιστική δράση στην ανάπτυξη παθογόνων μυκήτων του γένους *Phytophthora* και *Fusarium*, *in vitro* και σε πειράματα με φυτά (Argeiti, 2001). Επίσης, ο κασίγαρος έχει ισχυρή παρεμποδιστική δράση σε πολλά είδη εδαφογενών βακτηρίων και μυκήτων (*Lactobacillus*, *Bacillus*, *Chaetomium*, *Geotrichum*, *Rhizoctonia*) λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του σε φαινολικά συστατικά. Όμως αρκετοί ερευνητές αναφέρουν την ύπαρξη μικροοργανισμών (*Torulopsis utilis*, *Saccharomyces* και *Candida*) όπου μπορούν να παράγουν αποικίες στα υγρά απόβλητα με

δυνατότητα αποτοξικοποίησής τους (Ραίχας, 1999). Έρευνα έδειξε ότι η διάθεση του κασίγαρου στο έδαφος, αύξησε το πληθυσμό των βακτηρίων συγκριτικά με το πληθυσμό του φυσικού εδάφους χωρίς διάθεση κασίγαρου. Τα είδη των βακτηρίων που επωφελήθηκαν ήταν τα μη σπορογόνα gram θετικών ακτινομύκητων, σε αντίθεση με τα σπορογόνα βακίλων (Paredes et al., 1986).

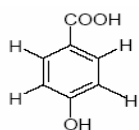
#### 1.5.4.4 Φαινόλες

Η διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων είναι ένα σοβαρό πρόβλημα για τους ελαιοπαραγωγούς και για τις μεσογειακές χώρες εξαιτίας του κινδύνου ρύπανσης. Η τοξικότητα και η ισχυρή αντιοξειδωτική δράση αυτών των αποβλήτων αφορά τη συγκέντρωση των φαινολών, συστατικό που προκαλεί δύσκολη αποδόμηση (Mekki et al., 2007). Οι φαινόλες υπάρχουν σε όλα τα φυτά, οι οποίες ποικίλουν για κάθε είδος φυτού και στα διάφορα μέρη του. Στο ελαιόδεντρο υπάρχουν στα φύλλα και στον ελαιόκαρπο.

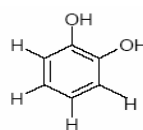
Φαινολικές ενώσεις είναι οι ουσίες που αποτελούνται από ένα βενζολικό δακτύλιο ο οποίος περιέχει μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες. Η συγκέντρωσή τους στο ελαιόλαδο επηρεάζεται από την ωριμότητα του ελαιόκαρπου, τον τρόπο και τον χρόνο αποθήκευσης, τύπο ελαιοτριβείου και από τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής (Ryan, 1998). Στο λάδι και τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων οι φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν, χαρακτηρίζονται ως πολυφαινόλες. Αυτός ο όρος έχει καθιερωθεί, χωρίς να σημαίνει ότι όλες οι φαινόλες είναι αρωματικοί υδρογονάνθρακες με περισσότερες από 2 υδροξυλομάδες. Για παράδειγμα το κιναμικό οξύ, το ελενολικό οξύ, το σικιμικό οξύ και το κουινικό οξύ φέρονται σαν φαινολικά οξέα, παρόλο που βρίσκεται ένας αρωματικός δακτύλιος ή μια υδροξυλομάδα.

Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης του ελαιοκάρπου μειώνεται η συγκέντρωση πολυφαινολών λόγω οξειδωτικών και υδρολυτικών διαδικασιών. Λόγω της υδατοδιαλυτότητας των πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών, κατά την παραγωγή ελαιόλαδου, επηρεάζουν τις φαινολικές ενώσεις με μερική διάλυση, όπου στη συνέχεια απομακρύνονται με τα απόνερα (Tsimidou, 1992). Η τυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη είναι κύρια φαινολικά συστατικά που βρίσκονται στο ελαιόλαδο. Υπάρχουν και άλλα φαινολικά συστατικά που βρίσκονται στο ελαιόλαδο όπως ελαιοευρωπαϊνή, καφεϊκό οξύ, βανιλλικό οξύ, συριγγικό οξύ, p-κουμαρικό οξύ, o-κουμαρικό οξύ, φερούλικό οξύ, σιναπικό οξύ, p-υδροξυβενζοϊκό οξύ, πρωτοκατεχικό οξύ, γαλλικό οξύ, γεντιστικό οξύ, το σικιμικό οξύ, p-φαινολοξικό. και οι

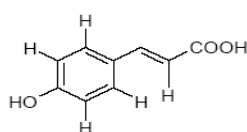
ενώσεις θυμόλη, καρβακρόλη και οι φλαβονοειδείς ενώσεις καμφερόλη, απιγενίνη, και κερκετίνη (Χριστοφορίδου & M.Kemal, 2001). Οι φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στον κατσίγαρο είναι τα φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, φαινολικές αλκοόλες και παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.



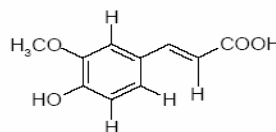
1. p-Υδροξυβενζοϊκό οξύ



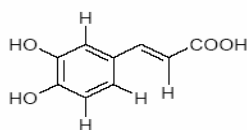
2. Βενζυλκατεχόλη



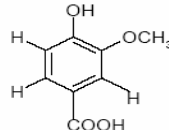
3. p-Κουμαρικό οξύ



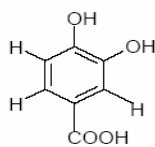
4. Φερουλικό οξύ



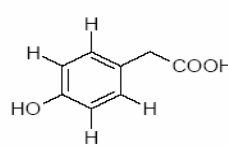
5. Καφεϊκό οξύ



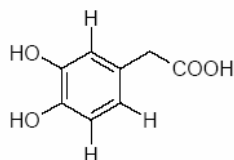
6. Βανιλικό οξύ



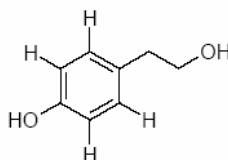
7. Πρωτοκατεχικό οξύ



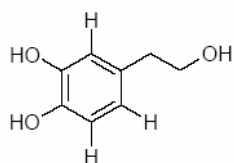
8. p-Υδροξυφαινολικό οξύ



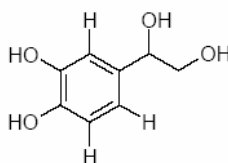
9. Ομοπρωτοκατεχικό οξύ



10. Τυροσόλη



11. Υδροξυτυροσόλη



12. 3,4-Διυδροξυφαινολ-γλυκόλη

**Εικόνα 5:** Φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται στον κατσίγαρο (Knurr, G., eEt al, 1996)

Οι φαινολικές ενώσεις όπως επισημάνθηκε ήδη είναι υδατοδιαλυτές. Έτσι εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ελαιόλαδου στα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων, μεγάλο ποσοστό φαινολών που περιέχονται στον ελαιόκαρπο μεταφέρονται στα υγρά απόβλητα. (Κυριτσάκης, 1988) Περισσότερες από 30 φαινολικές ενώσεις έχουν προσδιοριστεί στα υγρά απόβλητα, το γεγονός αυτό είναι υπεύθυνο για την υψηλή τοξικότητα του κατσίγαρου. Διάφορες συγκεντρώσεις φαινολικών συστατικών του κατσίγαρου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5 που ακολουθεί.

**Πίνακας 5:** Συγκεντρώσεις φαινολικές συστατικών του κατσίγαρου (Lesage – Meessen, L., et al, 2001)

Φαινολικά Συστατικά	Εύρος Τιμών (mg/L)
tyrosol	5 - 100
hydroxytyrosol	35 - 130
Caffeic acid	4 - 12
Elenolic acid	17 - 1430
luteolin	2 - 623
Cinnamic acid	1 - 118

Εκτός από την διατήρηση της ποιότητας του ελαιόλαδου η αντιοξειδωτική δράση των φαινολών προκαλεί θεραπευτικές ιδιότητες στον άνθρωπο (μείωση καρδιοαγγειακών παθήσεων) (Briante, 2003).

### 1.5.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων συγκαταλέγονται στα βεβαρημένα από άποψη ρυπαντικού φορτίου απόβλητα. Η πιο συνηθισμένη αν και κατακριτέα πρακτική, είναι η απόρριψή τους σε υδάτινους και χερσαίους αποδέκτες, όπως ποτάμια, χείμαρρους και έδαφος τα όποια βρίσκονταν κοντά στα ελαιοτριβεία. Η διάθεση του κατσίγαρου στη θάλασσα θα κατέστρεφε την ικανότητα αυτοκαθαρισμού της και θα μεταβαλλόταν η βιολογική ισορροπία.

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων εμποδίζουν την βλάστηση, την ανάπτυξη των φυτών, ενώ ακόμα προκαλεί πτώση των φύλλων και των καρπών του φυτού. Αυτή η φυτοτοξικότητα οφείλεται στις φαινόλες και στα οργανικά οξέα του κατσίγαρου. Η διάθεση του στην επιφάνεια του νερού, θα δημιουργήσει μία ελαιώδους κρούστα στην επιφάνεια του

νερού, με αποτέλεσμα να μειωθεί το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό. Αυτό προκαλεί μείωση διαφόρων ζωντανών οργανισμών στο νερό, οπότε διαταράσσεται ολόκληρη η ισορροπία του οικοσυστήματος. Ένα ορατό πρόβλημα εναπόθεσης του κασιγάρου σε υδάτινο περιβάλλον είναι ο χρωματισμός των φυσικών νερών. Αυτό το σκούρο καφέ χρώμα οφείλεται στις αντιδράσεις οξείδωσης και στον πολυμερισμό των τανινών, δίνοντας σκουρόχρωμες πολυφαινόλες. Την διατάραξη του οικοσυστήματος την προκαλεί η υψηλή συγκέντρωση φωσφόρου. Ο φώσφορος βοηθά στο να αναπτυχθούν πολύ γρήγορα τα άλγη, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται φαινόμενα ευτροφισμού. Ο φωσφόρος δεν μπορεί να αποικοδομηθεί σε σχέση με τον άνθρακα και το άζωτο, όπου μετά την αποικοδόμησή τους μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα και αέριο άζωτο. Απομακρύνεται ένα μικρό ποσοστό φωσφόρου μέσω της τροφικής αλυσίδας (Niaounakis, Chtourou, 2004).

Λόγω των υψηλών τιμών BOD και COD δείχνει πόσο δύσκολα γίνεται η αποδόμηση του οργανικού φορτίου του κασιγάρου όταν διοχετευθεί στο φυσικό περιβάλλον. Οι μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στο κασιγάρο προκαλεί ένα ιδανικό μέσο για την ανάπτυξη των παθογόνων οργανισμών, οι οποίοι προκαλούν σοβαρές βλάβες στην υδρόβια ζωή και στον άνθρωπο να έρθει σε επαφή με το νερό. Στα θετικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων αναφέρονται η απουσία συνθετικών οργανικών ενώσεων υψηλού περιβαλλοντικού κινδύνου, βαρέων μετάλλων, αμιάντου ή άλλων μη βιοαποδομήσιμων συνθετικών οργανικών ενώσεων.

Γενικότερα οι πιθανές αρνητικές επιδράσεις του κασιγάρου στο περιβάλλον σχετίζονται με:

- Την εκδήλωση έντονων φυτοτοξικών φαινομένων στη βλάστηση των φυτών, λόγω των πτητικών λιπαρών οξέων και φαινολών που περιέχουν, με καταστροφή ή μείωση της έκτασης οποιασδήποτε αγροτικής καλλιέργειας
- Εκδήλωση τοξικών φαινομένων στην υδρόβια πανίδα και χλωρίδα λόγω των υψηλών τιμών BOD και COD
- Ρύπανση επίγειων και υπόγειων υδάτινων όγκων και θαλασσών, λόγω της παρεμπόδισης οξυγόνωσης των υδάτινων αυτών αποδεκτών εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας τους σε λιπαρές ουσίες
- Αισθητική και ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών νερών και θαλασσών, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε χρωστικές ουσίες

- Ενοχλήσεις των κατοίκων σε αστικές περιοχές λόγω της έντονης δυσοσμίας που εκλύουν (Niaounakis, 2004)

## **1.6 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ**

### **1.6.1 Γενικά για τα κτηνοτροφικά απόβλητα**

Κατά την διατήρηση των αγροτικών ζώων μέσα στους στάβλους παράγονται υγρά ή στερεά απόβλητα, αποτέλεσμα του μεταβολισμού των τροφών που παρέχονται σε αυτά, αλλά και των διαφυγών κατά την διάρκεια διανομής της τροφής και του νερού, συνήθως μέσα ή κοντά στους χώρους εκτροφής. Η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων είναι ανάλογη του βαθμού εντατικοποίησης της εκτροφής και της πυκνότητας των εκτρεφόμενων ζώων. Αποτέλεσμα της παραγωγής των αποβλήτων είναι η έκλυση ενοχλητικών οσμών και η μεταφορά προς το περιβάλλον οργανικής και ανόργανης μορφής ρύπων, που μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα του τελικού τους αποδέκτη, υδάτινου ή εδαφικού. (Δ. Γεωργακάκης, 1998).

Η διαχείριση των πτηνοκτηνοτροφικών αποβλήτων, εν γένει, αφορά στις ενέργειες και διαδικασίες, που θα πρέπει να εφαρμοσθούν σε κάθε περίπτωση για την ελαχιστοποίηση ή και ακόμα την πλήρη εξουδετέρωση των δυσμενών επιπτώσεων από την παραγωγή και διάθεση των αποβλήτων αυτών.

Τα χαρακτηριστικά των πτηνοκτηνοτροφικών αποβλήτων είναι η οργανική τους προέλευση, ο μικρός σχετικά όγκος τους, συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα απόβλητα των βιομηχανιώντροφίμων και πολύ περισσότερο με τα λύματα αστικών και περιαστικών περιοχών και η μεγάλη τους πυκνότητα. Η κατηγορία αυτή των αποβλήτων περιέχει μικρή ποσότητα νερού και ως εκ τούτου εμφανίζονται με πολύ μεγάλες τιμές ρυπαντικών φορτίων ανά μονάδα όγκου (Κ. Θεσσαλού- Α. Παπαθεοδώρου- Δ. Γεωργακάκη, 1988).

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



Συνέπεια της προέλευσης αυτής είναι ο εμπλουτισμός τους με μικροοργανισμούς, κύρια μεθανοβακτήρια από το πεπτικό σύστημα των ζώων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί βρίσκουν άφθονο οργανικό υπόστρωμα και αναπτύσσονται σε μεγάλο ή μικρό βαθμό ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος κύρια, θερμοκρασίας και pH. Προϊόντα της ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το υδρόθειο, η αμμωνία, το μεθάνιο και διάφορες άλλες δύσοσμες ουσίες. Τα εκλυόμενα αυτά προϊόντα είναι οι γνωστές μας δυσάρεστες οσμές και προκαλούν ανεπιθύμητες καταστάσεις διάφορης έντασης στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στον αποδέκτη. Η ένταση των οσμών αυτών εξαρτάται από τις συνθήκες διατήρησης των αποβλήτων (Κ. Θεσσαλού- Α. Παπαθεοδώρου- Δ. Γεωργακάκη, 1988).

Ο δε όγκος των αποβλήτων εξαρτάται από το είδος και την ηλικία ή το βάρος των ζώων, καθώς επίσης και από το σύστημα διατροφής. Ο τελικός όγκος, όμως των αποβλήτων που προκύπτει είναι μεγαλύτερος λόγω της αραίωσης τους με νερό από πλυσίματα των χώρων, βροχοπτώσεις ή και διαρροών καθώς επίσης από την προσθήκη στρωμνής (άχυρο, υπολείμματα ζωοτροφών, φτερά, τρίχες κλπ). Στην πράξη η αραίωση αυτή φτάνει πολλές φορές ακόμα και στο δεκαπλάσιο του αρχικού όγκου, στην περίπτωση των χοιροστασίων. Το χαρακτηριστικό αυτό των αποβλήτων έχει οικονομικό αντίκτυπο στο χειρισμό και στο σχεδιασμό της επεξεργασίας τους και αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος για κάθε μονάδα οπότε και πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση. (Κ. Θεσσαλού- Α. Παπαθεοδώρου- Δ. Γεωργακάκη, 1988)

Με βάση τη σχέση νερού και στερεών συστατικών τα κτηνοτροφικά απόβλητα μπορούν να θεωρηθούν στερεής, ημιστερεής, ημίρρευστης και υγρής μορφής.

✓ *Στερεά: Περιέχουν υγρασία λιγότερη από 80% ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) περισσότερα από 20%. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται:*

1. Κοπριά αιγοπροβάτων και πτηνών
2. Βουστασίων και χοιροστασίων αναμιγμένη με στρωμνή
3. Στερεά φυγοκεντρικού διαχωρισμού υγρών αποβλήτων χοιροστασίων

✓ *Ημιστερεά: Με υγρασία 80-85% ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) περισσότερα από 15-20%. Αυτή τη μορφή έχουν:*

1. Τα στερεά απόβλητα των βουστασίων
2. Τα στερεά διαχωρισμού (με κόσκινα) υγρών αποβλήτων χοιροστασίων

3. Στερεά της προηγούμενης μορφής εμπλουτισμένα με νερό (κύρια βροχής)

✓ *Ημίρρευστα: Με υγρασία 85-90% ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) περισσότερα από 5-15%. Αυτή τη μορφή έχουν:*

1. Απόβλητα χοιροστασίων και βουστασίων όπως παράγονται από τα ζώα (κοπριά και ούρα)

2. Απόβλητα χοιροστασίων όπως βγαίνουν από τους στάβλους μετά από την αραίωσή τους με νερά πλύσεως κλπ

3. Λάσπες των δεξαμενών συγκέντρωσης, επεξεργασίας και αποθήκευσης

✓ *Υγρά: Με υγρασία πάνω από 95% ή Ολικά Στερεά (ΟΣ) λιγότερα από 5%. Αυτή τη μορφή έχουν τα:*

1. Τα υγρά απόβλητα των χοιροστασίων όπως βγαίνουν από τους στάβλους (συμπεριλαμβανομένων των νερών πλυσίματος και βροχής).

2. Τα υγρά που προέρχονται από την στράγγιση των κοπροσωρών (χοιροστασίων και βουστασίων)

3. Τα υγρά τα προερχόμενα από τα συστήματα με προορισμό τον τελικό αποδέκτη (Miller et al., 1996).

Ο τρόπος λοιπόν παραγωγής των αποβλήτων επιτρέπει τον χειρισμό τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η πλήρης αξιοποίηση τους με ανακύκλωση των τελικών υγρών και στερεών στο έδαφος για λίπανση – άρδευση αυτοφυών ή καλλιεργούμενων φυτών μετά από επαρκή αποθήκευση και επεξεργασία σε ειδικές προς τούτο εγκαταστάσεις. Επιτρέπει κατ' επέκταση την εφαρμογή της αειφορικής ανάπτυξης την οποία προωθεί τελευταία η Ευρωπαϊκή Ένωση και η οποία εφόσον γίνει δυνατό να γενικευθεί και σε άλλους τομείς της παραγωγής μπορεί να δώσει διέξοδο στα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα της ανθρωπότητας συνδυάζοντας συνέχιση της ανάπτυξης με την προστασία του περιβάλλοντος. Προϋπόθεση για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η διαχείριση των αποβλήτων με τέτοιο τρόπο, που να μην προκαλούνται ενοχλήσεις ή αντιαισθητικές καταστάσεις στην περιοχή λειτουργίας των μονάδων αυτών. Η χωροταξική κατανομή κτηνοτροφικών μονάδων, με τέτοιες προδιαγραφές, μέσα ή γύρω από καλλιεργούμενες εκτάσεις, θα προωθούσε την υποκατάσταση των χημικών λιπασμάτων, το οποίο είναι προς το συμφέρον των αγροτών

γιατί θα έχουν όφελος από την αύξηση της γονιμότητας των εδαφών τους, αντίστοιχη μείωση της δαπάνης αγοράς των χημικών λιπασμάτων και φυσικά την διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος (Δ. Γεωργακάκης, 1998).

### **1.6.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα – Διαχείριση**

Όσον αφορά στα γεωργικά υπολείμματα, που αποτελούν και το ενδιαφέρον της παρούσας μελέτης, ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ - 50910/2727, ΦΕΚ Β' 1909/22.12.2003):

*Υφιστάμενη κατάσταση:* Τα αποσυρόμενα γεωργικά προϊόντα οδηγούνται προς ταφή σε ειδικούς χώρους που δεν πληρούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις για την τελική διάθεση των συγκεκριμένων αποβλήτων.

*Στόχοι & Δράσεις:* Επιδιώκεται η αξιοποίησή τους, ως πηγή οργανικής ουσίας και ενέργειας (βιοαέριο). Το παραγόμενο κόμποστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αγροτικές καλλιέργειες, καθώς και για την επανένταξη στο φυσικό περιβάλλον «τραυματισμένων» φυσικών ανάγλυφων ή και σε άλλες εφαρμογές.

Η διαχείριση των αποβλήτων της κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης εξαρτάται από το είδος των εκτρεφόμενων ζώων, τον αριθμό τους, το είδος σταβλισμού, τον τρόπο συλλογής και απομάκρυνσης των αποβλήτων από τους χώρους εκτροφής, τον τρόπο αποθήκευσης και την περιεκτικότητά τους σε ολικά στερεά. Δεδομένου ότι ο χειρισμός των αποβλήτων είναι ευκολότερος στα στερεά απόβλητα παρά στα υγρά, πρέπει να αποφεύγεται η προσθήκη νερού στα μη υγρά απόβλητα. Για τον ίδιο επίσης λόγο πρέπει να αποφεύγεται η αποστράγγιση του νερού της βροχής, των στεγών, των προαυλίων κ.λ.π. στις δεξαμενές αποβλήτων. Επίσης, στην περίπτωση που στη μονάδα παράγονται υγρά απόβλητα τα οποία είναι σχετικά καθαρά, όπως υγρά πλύσεως αμελκτηρίου κ.λ.π. και εφόσον τα παραγόμενα ζωικά απόβλητα δεν είναι υγρά, συνιστάται τα ξεπλύματα να συλλέγονται και να αποθηκεύονται χωριστά από τα απόβλητα των ζώων.

### **1.6.3 Διαχείριση στερεών κτηνοτροφικών αποβλήτων**

Στην περίπτωση που από τα στερεά απόβλητα (κοπριές, στρωμνή και στερεά μηχανικού διαχωρισμού) υπάρχει πιθανότητα στράγγισης υγρών, θα πρέπει αυτά να συγκεντρώνονται σε τσιμεντένια πλατφόρμα (κοπροσωρός) με κλίση 3-6% προς το κανάλι συλλογής των υγρών,

εφοδιασμένη με προστατευτικό τοίχιο κατά τις δύο ή τρεις πλευρές, ύψους μέχρι 1,5m με κανάλι συλλογής των υγρών.

Η κοπριά στρωμένη που στερείται υγρών μπορεί να αποθηκευτεί και στο έδαφος, εφόσον βέβαια προβλεφθεί να απομακρύνονται τα υγρά από βροχοπτώσεις, με την κατασκευή μικρού καναλιού περιμετρικά του σωρού. Εάν τα στέρεα δεν έχουν ζυμωθεί, τότε παραμένουν στον κοπροσωρό για επαρκές διάστημα για να γίνει η ζύμωση.

#### **1.6.4 Διαχείριση υγρών κτηνοτροφικών αποβλήτων**

Ο τρόπος διαχείρισης των υγρών αποβλήτων θα πρέπει να εξασφαλίζει:

- ✓ Περιορισμό της απώλειας θρεπτικών στοιχείων
- ✓ Μείωση της οργανικής ουσίας των υγρών αποβλήτων
- ✓ Αξιοπιστία και απλότητα της μεθόδου χειρισμού
- ✓ Κόστος κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων όσο το δυνατόν χαμηλότερο.

Ο χειρισμός των υγρών αποβλήτων αναφέρεται κυρίως στα χοιροστάσια, δεδομένου ότι στα βουστάσια για τον περιορισμό των υγρών αποβλήτων πρέπει να αποφεύγεται η συλλογή και αποθήκευσή τους σε κανάλια και να απομακρύνονται αυτά σαν στερεά με ξέστρα.

Το έδαφος είναι ο μόνος αποδέκτης των κτηνοτροφικών αποβλήτων, καθώς έχει μεγάλη ικανότητα να αξιοποιεί τα συστατικά τους, με τον όρο ότι γίνεται σωστή εφαρμογή των αποβλήτων ως προς τις ποσότητες, το χρόνο και τον τρόπο εφαρμογής.

Για την ασφαλή διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων πρέπει:

- ✓ Όταν πραγματοποιείται σε εδάφη με κλίση, να γίνεται σε τέτοια ποσότητα και με τέτοια μέθοδο που να αποκλείεται η απορροή.
- ✓ Να μην διατίθενται στο έδαφος κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων και ειδικά όταν αυτό βρίσκεται σε κατάσταση υδατοκορεσμού ή όταν είναι παγωμένο.
- ✓ Η διάθεση σε καλλιέργειες να γίνεται όταν τα φυτά βρίσκονται στο κατάλληλο βλαστικό στάδιο (την περίοδο εφαρμογής των χημικών λιπασμάτων).
- ✓ Η θέση διάθεσης των αποβλήτων θα πρέπει να απέχει τουλάχιστον 50 μέτρα από επιφανειακά νερά, με την προϋπόθεση ότι έχουν ληφθεί μέτρα για την πρόληψη της επιφανειακής απορροής, καθώς και τη διαφυγή σε υπόγεια νερά.

## **1.6.5 Απόβλητα κατά είδος κτηνοτροφικής μονάδας**

### **1.6.5.1 Απόβλητα αιοπροβατοστασίων**

Η εκτροφή των αιοπροβάτων γενικά γίνεται σε στρωμένη και σπανιότερα σε εσχαρωτό δάπεδο. Και στις δύο περιπτώσεις τα απόβλητα είναι στερεά και παραμένουν στη στρωμένη ή κάτω από την εσχάρα αρκετό διάστημα, ώστε να ζυμωθούν και να διατεθούν σε καλλιεργητές. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει η συλλογή της κοπριάς να γίνεται σε υπόγεια κανάλια, γιατί η απομάκρυνσή της από αυτά προς τη δεξαμενή συλλογής θα πρέπει να γίνεται με προσθήκη νερού.

Στην περίπτωση που η κοπριά δεν διατίθεται σύντομα σε καλλιεργητές θα πρέπει να αποτίθεται σε σωρό, έτσι ώστε να αποκλείεται η διήθηση νερών της βροχής από τον κοπροσωρό προς το έδαφος.

Όταν στη μονάδα παράγονται και άλλα απόβλητα, όπως υγρά πλύσεως, αλμεκτήρια κ.λ.π., που είναι σχετικά καθαρά, πρέπει να συλλέγονται ξεχωριστά σε συστήματα σπιτικού και απορροφητικού βόθρου.

### **1.6.5.2 Απόβλητα πτηνοτροφείων**

Τα απόβλητα των πτηνοτροφείων διακρίνονται σε στερεά και ημιστερεά, ανάλογα με τον τρόπο εκτροφής, σε στρωμένη ή σε κλουβιά αντίστοιχα.

Στην περίπτωση εκτροφής πτηνών πάχυνσης η απομάκρυνση της στρωμένης γίνεται κάθε 60 περίπου ημέρες. Στη συνέχεια αποτίθεται σε σωρούς, μέχρι να ολοκληρωθεί η ζύμωση ή να διατεθεί σε καλλιεργητές.

Επειδή ο σωρός είναι αδιαπέραστος από τα νερά της βροχής, θα πρέπει να κατασκευάζεται περιφερειακό αυλάκι για τη συλλογή των υγρών που απορρέουν. Στην εκτροφή ορνίθων αυγοπαραγωγής σε στρωμένη, αυτή απομακρύνεται μετά το τέλος της εκτροφής, οπότε η ζύμωση διαρκεί 12-15 μήνες και μπορεί να διατεθεί απευθείας σε καλλιεργητές.

Όταν η εκτροφή γίνεται σε κλωβοστοιχίες χωρίς σύστημα αφύγρανσης, η κοπριά είναι ημιστερεή και απομακρύνεται είτε καθημερινά είτε σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (20-60 ημέρες), οπότε πρέπει να τοποθετείται σε κοπροσωρό όπου και παραμένει για φυσική ξήρανση ή οδηγείται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας της κοπριάς. Στις σύγχρονες

εγκαταστάσεις που διαθέτουν σύστημα αερισμού και αφύγρανσης της κοπριάς, βγαίνοντας από το θάλαμο η κοπριά έχει στερεή μορφή και μπορεί να εναποτεθεί σε κοπροσωρό ή να ανακατευτεί 2-3 φορές για να επιταχυνθεί η ζύμωση και η κομποστοποίηση της.

#### **1.6.5.3 Απόβλητα Βουστασίου**

Τα απόβλητα βουστασίου αποτελούνται κυρίως από οργανικά στερεά (περιττώματα, υπολείματα τροφών) αναμειγμένα με μικρή ποσότητα υγρών (ούρα, νερά πλύσεως). Χαρακτηρίζονται από υψηλό οργανικό φορτίο και συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών, κυρίως αζώτου. Τα απόβλητα είναι ρυπαντικές ουσίες γιατί περιέχουν:

1. Χημικά, όπως νιτρικά, φωσφορικά και αμμωνία
2. Οργανική ύλη
3. Ιζηματογενή και παθογόνους μικροοργανισμούς (*giardia*, *cryptosporidium*)
4. Βαρέα μέταλλα
5. Ορμόνες
6. Αντιβιοτικά

#### **1.6.5.4 Απόβλητα Χοιροστασίου**

Ο όγκος των αποβλήτων χοιροστασίου εξαρτάται από το είδος και την ηλικία ή το βάρος των ζώων, καθώς επίσης και από το σύστημα διατροφής. Ο τελικός όγκος, όμως των αποβλήτων που προκύπτει είναι μεγαλύτερος λόγω της αραίωσης τους με νερό από πλυσίματα των χώρων, βροχοπτώσεις ή και διαρροών καθώς επίσης από την προσθήκη στρωμνής (άχυρο, υπολείματα ζωοτροφών, φτερά, τρίχες κλπ.) Στην πράξη η αραίωση αυτή φτάνει πολλές φορές ακόμα και στο δεκαπλάσιο του αρχικού όγκου, στην περίπτωση των χοιροστασίων. Το χαρακτηριστικό αυτό των αποβλήτων έχει οικονομικό αντίκτυπο στο χειρισμό και στο σχεδιασμό της επεξεργασίας τους και αποτελεί χαρακτηριστικό για κάθε μονάδα οπότε και πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση (Θεσσαλού Κ.- Παπαθεοδώρου Α.- Γεωργακάκη Δ., 1988).

### 1.6.6 Σύσταση

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

Αυτοί οι μικροοργανισμοί βρίσκουν άφθονο οργανικό υπόστρωμα και αναπτύσσονται σε μεγάλο ή μικρό βαθμό ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος κύρια, θερμοκρασίας και pH.

Προϊόντα της ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το υδρόθειο, η αμμωνία, το μεθάνιο και διάφορες άλλες δύσσομες ουσίες π.χ. αμίνες. Τα εκλυόμενα αυτά προϊόντα είναι οι γνωστές μας δυσάρεστες οσμές και προκαλούν ανεπιθύμητες καταστάσεις διάφορης έντασης στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στον αποδέκτη. Η ένταση των οσμών αυτών εξαρτάται από τις συνθήκες διατήρησης των αποβλήτων. (Θέσσαλος Κ.- Παπαθεοδώρου Α.- Γεωργακάκης Δ., 1988)

Η σύσταση των κτηνοτροφικών αποβλήτων εξαρτάται από τις συνθήκες εκτροφής, το ημερήσιο σιτηρέσιο, την ηλικία και το είδος του ζώου, από τον αρχικό όγκο και την περιεκτικότητα σε υγρασία των αποβλήτων, καθώς επίσης από τις πρακτικές και τη στρωμή που χρησιμοποιείται. Τα απόβλητα των κτηνοτροφικών μονάδων περιέχουν όλα τα θρεπτικά συστατικά που χρησιμοποιούνται από τα φυτά. Συγκεκριμένα, περιέχουν νερό, διαλυτά στερεά, όπως 39 διάφορα άλατα (Ca, Mg, Cl κλπ), θρεπτικά στοιχεία (N, P, K), ιχνοστοιχεία (Zn, Cu, Fe, Bo, Mo, κ.α.) και αδιάλυτα χονδρόκοκκα στερεά (Amanullah et. al.2010).

### 1.6.7 Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία είναι τα εξής : α) ο όγκος τους, β) το ρυπαντικό φορτίο, γ) ισοδύναμο πληθυσμού

#### Όγκος αποβλήτων

Ο παραγόμενος μέσος ημερήσιος όγκος μικτών υγρών αποβλήτων (ούρα, κοπριά και

νερά πλύσεως) μπορεί να ληφθεί προσεγγιστικά για ελληνικές συνθήκες:

- Για χοίρους με μέσο βάρος 70kg, σε 7-10 λίτρα / ημέρα δηλαδή περίπου 120 λίτρα / ημέρα \* 1000kg ζωντανού βάρους
- Για μοσχάρια με μέσο βάρος 400kg , σε 35 - 50 λίτρα ανά ημέρα δηλαδή περίπου 100 λίτρα / ημέρα \* 1000kg ζωντανού βάρους

Η κοπριά, που λαμβάνεται με μηχανικό διαχωρισμό από τα πιο πάνω μίκτα απόβλητα, αντιπροσωπεύει σε όγκο περίπου 45%

Γενικότερα για τη μελέτη και σχεδίαση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και διαθέσεως των αποβλήτων των κτηνοτροφικών μονάδων αν δεν υπάρχουν ακριβέστερα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία του Πίνακα 6 για τα πιο συνηθισμένα είδη ζώων.

**Πίνακας 6:** Ενδεικτικά στοιχεία κατανάλωσης νερού και παραγωγής κοπριάς, από σύγχρονες κτηνοτροφικές μονάδες.

Είδος ζώων	Είδος σταβλισμού	Μέγεθος ζώων Kg/ κεφ.	Χρόνος εκτροφής/ ημέρες	Κατανάλωση νερού 1/ κεφ. ημ.	Κοπριά	
					Kg/κεφ. ημ.	Kg T Z.B.ημ.
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ</b>						
• Κρεατοπαραγωγή	Στεγασμένος(στρωμένη)	0-2	40-60	0,1-0,2	0,05-0,06	
• Αυγοπαραγωγή	Στεγασμένος(κλουβιά ή στρωμένη)	1,5-2	400	0,15-0,2	0,1-0,2	66
• Γαλοπούλες	Ανοιχτός	2-4	120-170	0,3-0,5	0,3-0,6	
• Πάπιες	Ανοιχτός -υγρός	0,5-4	40-60	40-130	-	
<b>2. ΒΟΟΕΙΔΗ</b>						
• Γαλακτοφόρες αγελάδες	Βουστάσιο Ελεύθερο βουστάσιο	500-650 500-650	--	60-320 100-130	40-60 40-60	94
• Μοσχάρια	Με προαύλιο  Ανοιχτός Στεγασμένος	500-650 250-500 250-500	- 100-180 100-180	120-320 40-120 40-120	40-60 2-20 10-30	46



Είδος ζώων	Είδος σταβλισμού	Μέγεθος ζώων Kg/ κεφ.	Χρόνος εκτροφής/ ημέρες	Κατανάλωση νερού l/ κεφ. ημ.	Κοπριά	
					Kg/κεφ. ημ.	Kg T Z.B.ημ.
<b>3.ΧΟΙΡΙΝΑ</b>	Ανοιχτός ή στεγασμένος (χωμάτινο σχαρωτό ή συμπαγές δάπεδο	20-100	150-180	4-20	1-5	51
<b>4.ΠΡΟΒΑΤΑ</b>						
• Αρνιά	Στεγασμένος	30-60	40-150	4-7	1,5-3	
• Πρόβατα	Ανοιχτός ή στεγασμένος	50-100	40-150	7-13	2-4	36
<b>5.ΑΛΟΓΑ</b>	Στάβλος	300-600	--	30-40	20-60	

Πηγή: Στοιχεία από animal waste E.Taiganides, WHO, Kopenhagen, 1978

### 1.6.8 Ρύπανση από τα απόβλητα κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ενώ δόθηκαν κίνητρα και προωθήθηκε με ταχύ ρυθμό η παραγωγή ζωικών προϊόντων στην Ελλάδα, δεν έγινε παράλληλα προσπάθεια σύμμετρης ανάπτυξης και εφαρμογής κατάλληλης τεχνολογίας χειρισμού των απορριμμάτων.

Η αντιμετώπιση του θέματος της αποδεκτής επεξεργασίας καθαρισμού και διαθέσεως των ζωικών απορριμμάτων εντάσσεται στο γενικότερο αντικείμενο χειρισμού των αποβλήτων, αλλά παρουσιάζει ειδικά προβλήματα και δυσκολίες ,σε συνδυασμό με την απαιτούμενη σημαντική επένδυση και έξοδα λειτουργίας ,που αντιπροσωπεύουν συνήθως τα 5-15% της ζωικής παραγωγής.

#### 1.6.8.1 Ζωονόσοι και δημόσια υγεία

Εκτός από τα άμεσα προβλήματα υγείας, που δημιουργούνται στους σταβλισμούς, για τους εργαζόμενους και τα ζώα όπως φυματίωση ζώων , σαλμονελώσεις και άλλα, τα ζωικά απόβλητα είναι φορείς μικροβίων, που μπορεί να μεταδοθούν στον άνθρωπο με μολυσμένο νερό ή τρόφιμα .Οι ασθένειες, που μεταδίδονται με τη διάθεση των ζωικών αποβλήτων σε 26

επιφανειακά ή υπόγεια νερά, είναι πολλές όπως λεπτοσπειρώσεις, τουλαραιμία, ηπατίτιδα, χολέρα των χοίρων, αφθώδης τυρετός κτλ.

Για αυτό εκτός από την προσεκτική υγειονομική επιθεώρηση του κρέατος και των άλλων ζωοκομικών προϊόντων, πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την εξουδετέρωση των παθογόνων παραγόντων ,που μπορεί να μεταδοθούν από τα ζωικά απόβλητα στον άνθρωπο.

Σαν συμπλήρωμα της επεξεργασίας καθαρισμού των αποβλήτων ,κυρίως για τη μεγαλύτερη ελάττωση του μικροβιακού φορτίου ,εφαρμόζεται η απολύμανση της τελικής απορροής ,συνήθως με χλωρίωση ,εφόσον κρίνεται απαραίτητη ,λόγω της φύσεως και των χρήσεων του τελικού αποδέκτη.

Για την εκτίμηση του μικροβιακού φορτίου των αποβλήτων ,χρησιμοποιείται γενικά ο δείκτης των κολοβακτηριοειδών και ειδικότερα για τη μόλυνση από περιττωματικές ουσίες τα κολοβακτηρίδια.

Οι μικροβιολογικές παράμετροι ,που συνήθως προσδιορίζονται ,είναι ο ολικός αριθμός κολοβακτηριοειδών ,τα κολοβακτηρίδια περιττωματικής προελεύσεως και οι εντερόκοκκοι.

Γενικά τα μικρόβια των εντερικών νοσημάτων καταστρέφονται κατά τη διαδικασία της βιοχημικής επεξεργασίας των αποβλήτων. Ορισμένοι όμως εντεροϊοί επιζούν αυτής της επεξεργασίας, όπως ο ιός του αφθώδους πυρετού, της πολιομυελίτιδας ή της φυσαλιδώδους στοματίτιδας των χοίρων.

Η κοπριά που έχει μολυνθεί με τον ιό της λοιμώδους ποδοδερμίτιδας, πρέπει να ταφεί ή να χωνέψει για μακρό χρονικό διάστημα και πάντως να μη διατεθεί τελικά σε βοσκότοπο ακόμη και μετά τη χώνευση. Γενικά θεωρείται, ότι τα μέτρα για τον έλεγχο του αφθώδους πυρετού είναι αρκετά για την προφύλαξη από κάθε άλλο μικρόβιο που προκαλεί ζωνόσους.

#### **1.6.8.2 Ενοχλητικά και βλαβερά αέρια**

Οι κτηνοτροφικές μονάδες και τα απόβλητα τους δημιουργούν προβλήματα οσμών και επικίνδυνων αερίων στο περιβάλλον τους. Τα αέρια που δημιουργούνται στο εσωτερικό των στεγασμένων σταβλισμών, δεν είναι μόνο δύσοσμα και ενοχλητικά, αλλά αποτελούν κίνδυνο για την υγεία των ζώων και των εργαζομένων, που μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι θανάσιμος. Τα πιο συνηθισμένα ενοχλητικά ή βλαβερά αέρια στους κλειστούς χώρους των κτηνοτροφικών μονάδων είναι η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ), το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), το υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και ιχνοποσότητες από ένα πλήθος οργανικών ουσιών όπως π.χ. οξέα, μερκαπτάνες, αμίνες, ανθρακύλια (μέταλλα με co) κτλ.

Οι πιο συνηθισμένες συνέπειες από τα βλαβερά αέρια στους κλειστούς σταβλισμούς είναι η ανορεξία και ο ερεθισμός στα ζώα. Οιδήματα στα γόνατα και στις άλλες κλειδώσεις είναι συχνά ένδειξη χρόνιας δηλητηρίασεως με αέρια, ενώ η παρουσία αφρών στο στόμα σημαίνει σοβαρή κατάσταση.

Εφόσον οι μονάδες λειτουργούν και αερίζονται καλά, δεν δημιουργούνται επικίνδυνες συγκεντρώσεις αερίων. Σε ψυχρά κλίματα με τελείως κλειστούς σταβλισμούς πρέπει να υπάρχει τεχνητός αερισμός με εισαγωγή του αέρα από την οροφή και εξαγωγή από δάπεδο ή κάτω από τις σχισμές του δαπέδου, αν είναι σχαρωτό.

### **1.6.8.3 Οσμές**

#### **1. Αίτια**

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, τα κυριότερα αέρια που προκαλούν δυσοσμία στις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις είναι το υδρόθειο και η αμμωνία, καθώς επίσης και μικροποσότητες από πλήθος οργανικών ουσιών. Οι δύσοσμες αυτές ουσίες είναι κυρίως προϊόντα της αναερόβιας αποδομήσεως των οργανικών ουσιών των αποβλήτων. Μερικές από τις ουσίες αυτές είναι δύσοσμες σε ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις.

Παράλληλα στις εγκαταστάσεις αποβάλλονται πρόσθετες οσμές από το ίδιο το δέρμα των ζώων, που αποτελεί πάντως μικρό ποσοστό του στάβλου, καθώς επίσης και από την αποθηκευμένη τροφή.

Η συγκέντρωση της εκπεμπόμενης δυσοσμίας θεωρείται, ότι είναι χονδρικά ανάλογη του περιεχομένου φωσφόρου και αζώτου στα απεκκρίματα των ζώων. Γι' αυτό η υγρή κοπριά των βουστασίων προκαλεί λιγότερα προβλήματα δυσοσμίας από των χοιροτροφείων και ακόμη των πτηνοτροφείων, όπου παρατηρείται αυξανόμενη περιεκτικότητα φωσφόρου και αζώτου. Γενικά, εκλύονται μεγάλες ποσότητες δύσοσμων αερίων κατά τους χειρισμούς καθαρισμού και αναμοχλεύσεως της κοπριάς για τη μεταφορά και διάθεση.

#### **2. Ποσοτική και ποιοτική μέτρηση της έντασης των οσμών**

Η ανίχνευση και μέτρηση της εντάσεως των οσμών γίνεται κατά βάση με την ανθρώπινη όσφρηση, καθώς επίσης και με χρήση της χρωματογραφίας. Οποσδήποτε οι μετρήσεις με όργανα (οσμόμετρα) δεν είναι πάντα αντιπροσωπευτικές της καταστάσεως, είτε γιατί η οσμή πολλών ουσιών είναι αντιληπτή από τον άνθρωπο σε επίπεδα χαμηλότερα από

την ευαισθησία των οργάνων (π.χ.  $H_2S$ ), είτε γιατί δεν έχει βρεθεί σημαντική συσχέτιση μεταξύ της αντικειμενικής μετρήσεως των δύσοσμων παραγόντων και της αντιληπτής εντάσεως της οσμής. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται με οσμόμετρο, που προσδιορίζει το κατώτερο επίπεδο (κατώφλι) οσμής, την ένταση και το είδος σε συνδυασμό με ανιχνευτή αερίων, που καθορίζει ποιοτικά τα αέρια δείκτες, όπως  $NH_3$ ,  $H_2S$  κτλ.

Τελικά η πιο συνηθισμένη μέθοδος μετρήσεως της εντάσεως των οσμών είναι η χρησιμοποίηση ομάδας ειδικευμένων ατόμων, που ύστερα από αραιώσεις του δείγματος, επισημαίνουν, ότι έφθασε στο κατώτερο προσδιορισίμο όριο (κατώφλι) οσμής. Η ένταση μετράται με το κατώφλι οσμής, που ισούται με τον απαιτούμενο αριθμό αραιώσεων του δείγματος με άοσμο υλικό, μέχρις ότου φθάσει το μόλις αντιληπτό όριο οσμής.

Παράλληλα γίνεται και ποιοτικός προσδιορισμός της οσμής σε σύγκριση με ορισμένες χαρακτηριστικές οσμές, που μπορεί να βαθμολογηθεί από 0-10 ανάλογα με το βαθμό αποκρουστικότητας.

Η ένταση και η ποιότητα των οσμών στις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις εξαρτάται βασικά από τον αριθμό και το είδος των ζώων και από τις συνθήκες του στάβλου καθώς και από τον τρόπο απομακρύνσεως των ζωικών αποβλήτων.

Για τα ζώα χρησιμοποιείται η «μονάδα φορτίου οσμής», ενώ ο τρόπος καθαρισμού και απομακρύνσεως των αποβλήτων από το στάβλο εκφράζεται με τον «παράγοντα φορτίου οσμής».

Για τον υπολογισμό της σχετικής εντάσεως της οσμής με ταυτόχρονη ποσοτική και ποιοτική θεώρηση πολλαπλασιάζεται η μονάδα φορτίου οσμής με τον αντίστοιχο παράγοντα φορτίου οσμής σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

### **3. Έλεγχος των οσμών**

Ο έλεγχος των οσμών είναι βασική απαίτηση, τόσο για την αντιμετώπιση των δυσμενών συνεπειών στο εσωτερικό των σταβλισμών, όσο και για την εξουδετέρωση των ενοχλήσεων στη γύρω περιοχή και τους γειτονικούς οικισμούς. Οι σχετικές προσπάθειες πρέπει να στραφούν:

- Στον περιορισμό της εκπομπής δύσοσμων αερίων με τον τακτικό καθαρισμό των σταβλισμών και την διατήρηση αερόβιων συνθηκών αποδομήσεως σε αυτά (π.χ. προσθήκη ασβέστη, χλωρίου κτλ.)

- Στον κατάλληλο αερισμό των χώρων και, αν κριθεί απαραίτητο, στην επεξεργασία αποσμήσεως των εξερχόμενων αερίων με απορρόφηση (π.χ. σε πύργο καταιονισμού με νερό ή άλλο απορροφητικό μέσο ή σε στρώμα εδάφους) με πλήρη καύση(άμεση τουλάχιστον σε 8000C ή καταλυτική), με χημική εξουδετέρωση (π.χ. όζον), με προσρόφηση σε κλίνες ενεργού άνθρακα κτλ.

- Στον περιορισμό των οσμών κατά το χειρισμό και τη διάθεση των αποβλήτων. Η ενσωμάτωση της ρευστής κοπριάς στο έδαφος με άμεσο ενταφιασμό αντί επιφανειακής διασποράς ελαττώνει σημαντικά την εκπομπή δύσοσμων αερίων και την ακτίνα ενόχλησης.

- Στην κάλυψη (masking) των οσμών με άλλα αρωματικά μέσα.

- Στην κατάλληλη εκλογή της θέσεως του σταβλισμού, ώστε να βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από κατοικημένες και γενικά περιοχές προστασίας και σε σωστή κατεύθυνση σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους.

#### **4. Βαριά μέταλλα**

Τα ζωικά απόβλητα δεν περιέχουν κανονικά βαριά μέταλλα ή βιοκτόνα σε τοξικές συγκεντρώσεις. Σε περίπτωση όμως αποθηκεύσεως των αποβλήτων για μακρό διάστημα μπορεί η συγκέντρωση ορισμένων μετάλλων να φθάσει σε τοξικά επίπεδα. Τέτοια μέταλλα, που πρέπει να παρακολουθούνται και ελέγχονται, είναι ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), ο σίδηρος (Fe) και το μαγνήσιο (Mn). Ο χαλκός για παράδειγμα που προστίθεται στην τροφή των χοιρινών για προληπτικούς και θεραπευτικούς σκοπούς, μπορεί να επηρεάσει την αναερόβια χώνευση και παραγωγή μεθανίου.

Τα ανόργανα άλατα στα απόβλητα (Na, K, Mn κτλ.) εκτιμώνται συνολικά με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, που κυμαίνεται συνήθως από 1-7.

## 2 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 ΠΡΩΤΕΣ ΎΛΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

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

1. Νωπή κοπριά χοίρων (**Pig manure- PiCS**), συνολικού όγκου περίπου 15m<sup>3</sup>, από τις εγκαταστάσεις της μονάδας της Creta Farm από το Ρέθυμνο Κρήτης.
2. Νωπή κοπριά ορνίθων (**Poultry manure – PoCS**), συνολικού όγκου περίπου 15m<sup>3</sup>, από τη μονάδα αυγοπαραγωγής Συντιχάκης, που εδράζεται στο Ηράκλειο Κρήτης.
3. Νωπή κοπριά βοοειδών (**Cow manure – CoCS**), συνολικού όγκου περίπου 15m<sup>3</sup>, από τη μονάδα Φορτετσανάκης, από τον Άγιο Θωμά Ηρακλείου.
4. Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων – κατσίγαρος (**Olive Mill Wastewater – OMW**) από τις δεξαμενές τεσσάρων διαφορετικών ελαιοτριβείων της περιοχής του Ηρακλείου (Αγ. Παρασκιές, Άγιοι Δέκα, Αρκαλοχώρι και Σταυράκια).

Όλες οι προαναφερόμενες μονάδες παρείχαν τα υλικά αυτά δωρεάν στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας.

#### 2.1.1 Νωπή κοπριά χοίρων

Η κομποστοποίηση πραγματοποιήθηκε συνολικά σε δυο κομποστοποιητές. Χρησιμοποιήθηκε νωπή κοπριά χοίρων, 340lt για κάθε κομποστοποιητή και σε ίσους όγκους (v:v) αναμίχθηκε με διογκωτικό. Το διογκωτικό προήλθε από προηγούμενη κομποστοποίηση νωπής κοπριάς χοίρων με πράσινα κλαδέματα, επίσης σε ίσους όγκους. Στον Πίνακα 7 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι όγκοι των αρχικών υλικών και το μίγμα αυτών για κάθε έναν από τους δυο κομποστοποιητές. Ο αρχικός όγκος κάθε κομποστοποιητή ήταν 700lt. οι κομποστοποιητές αποτελούνταν από 10 δακτυλίους, των 70lt ο κάθε ένας.

**Πίνακας 7:** Εγκατάσταση κομποστοποιητών για το υλικό των χοίρων .

Α/Α	Υλικά	1 <sup>ος</sup> κομποστοποιητής		2 <sup>ος</sup> κομποστοποιητής	
		Όγκος (lit)	Νωπό Βάρος (Kg)	Όγκος (lit)	Νωπό Βάρος (Kg)
1	Νωπό Υλικό Χοίρων - PiCS0	340	102	340	102
2	Λεπτόκοκκο κόμποστ Χοίρων	340	178,5	340	178,5
3	Μείγμα - PiCS1	700	280	700	280

Ειδικό βάρος της νωπής κοπριάς χοίρων: 0,3Kg/lit

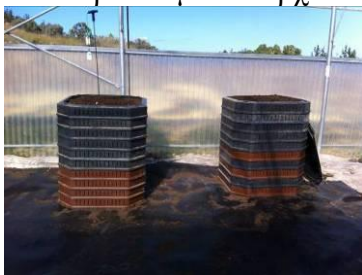
Ειδικό βάρος του διογκωτικού (κοσκινισμένο κόμποστ από κοπριά χοίρων): 0,5Kg/lit

Ειδικό βάρος μίγματος: 0,4Kg/lit

Στις ακόλουθες φωτογραφίες παρουσιάζεται η πορεία της κομποστοποίησης, από την έναρξη αυτής, μέχρι και την ολοκλήρωσή της. Επίσης, παρουσιάζεται η ογκομέτρηση των υλικών, η προσθήκη των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, καθώς και η ανάδευση του υλικού, ο τρόπος δειγματοληψίας και η μέτρηση της θερμοκρασίας του υλικού.



Προετοιμασία αρχικών υλικών, ογκομέτρηση και εγκατάσταση κομποστοποιητών



Εγκατεστημένοι κομποστοποιητές



Εσωτερική εικόνα υλικού κομποστοποιητών



Απομάκρυνση δακτυλίων & δειγματοληψία από το εσωτερικό του κομποστοποιητή



Προσθήκη κατσίγαρου κατά την ανάδευση του υλικού

**Εικόνα 6:** Διαδικασία κομποστοποίησης νωπής κοπριάς χοίρων με προσθήκη κατσίγαρου

Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί παρουσιάζεται το πρόγραμμα των αναδεύσεων των κομποστοποιητών του υλικού των χοίρων και οι προσθήκες των υγρών αποβλήτων ελαιολιτριβίων.

**Πίνακας 8:** Αναδεύσεις και προσθήκη κατσίγαρου κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

Ανάδευση	Ημερομηνία ανάδευσης	Κωδικός Δείγματος	Προσθήκη κατσίγαρου lit	Σημειώσεις
1η ανάδευση	8/11/2013	PiCS1	0	Εγκατάσταση κομποστοποιητή - μίξη υλικών
2η ανάδευση	25/11/2013	PiCS2	60	30lit προστέθηκαν σε κάθε κομποστοποιητή. Σύνολο 60Lit
3η ανάδευση	9/12/2013	PiCS3	60	30lit προστέθηκαν σε κάθε κομποστοποιητή. Σύνολο 60Lit
4η ανάδευση	19/12/2013	PiCS4	100	50lit προστέθηκαν σε κάθε κομποστοποιητή. Σύνολο 100Lit
5η ανάδευση	8/1/2014	PiCS5	20	10lit προστέθηκαν σε κάθε κομποστοποιητή. Σύνολο 20Lit
6η ανάδευση	21/1/2014	PiCS6	40	20lit προστέθηκαν σε κάθε κομποστοποιητή. Σύνολο 40Lit
7η ανάδευση	4/2/2014	PiCS7	20	10lit προστέθηκαν σε κάθε κομποστοποιητή. Σύνολο 20Lit
8η ανάδευση	18/2/2014	PiCS8	0	Ολοκλήρωση κομποστοποίησης



### 2.1.2 Νωπή κοπριά βοοειδών

Όμοια με το στήσιμο των κομποστοποιητών με το υλικό των χοίρων, έτσι και στην περίπτωση των βοοειδών χρησιμοποιήθηκαν δύο κομποστοποιητές, των δέκα δακτυλίων ο κάθε ένας. Στον Πίνακα 9 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι όγκοι των αρχικών υλικών και το μίγμα αυτών για κάθε έναν από τους δυο κομποστοποιητές.

**Πίνακας 9:** Εγκατάσταση κομποστοποιητών για το υλικό των βοοειδών

Α/Α	Υλικά	1ος κομποστοποιητής		2ος κομποστοποιητής	
		Όγκος (lit)	Νωπό Βάρος (Kg)	Όγκος (lit)	Νωπό Βάρος (Kg)
1	Νωπό Υλικό Βοοειδών - <b>CoCS0</b>	340	251,6	340	251,6
2	Λεπτόκοκκο κόμποστ Βοοειδών	340	198,9	340	198,9
3	Μείγμα - <b>CoCS1</b>	700	490	700	490

Ειδικό βάρος νωπής κοπριάς βοοειδών: 0,75Kg/lit

Ειδικό βάρος διογκωτικού (κοσκινισμένο κόμποστ από κοπριά βοοειδών): 0,6Kg/lit

Ειδικό βάρος μίγματος: 0,7Kg/lit

Στις ακόλουθες φωτογραφίες παρουσιάζεται η πορεία της κομποστοποίησης, από την έναρξη αυτής, μέχρι και την ολοκλήρωσή της. Επίσης, παρουσιάζεται η ογκομέτρηση των υλικών, η προσθήκη των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, καθώς και η ανάδευση του υλικού, ο τρόπος δειγματοληψίας και η μέτρηση της θερμοκρασίας του υλικού.



Ανάμιξη αρχικών υλικών, ογκομέτρηση και εγκατάσταση κομποστοποιητών



Εγκατεστημένοι κομποστοποιητές



Εσωτερική εικόνα υλικού κομποστοποιητών



Απομάκρυνση δακτυλίων & ανάδευση του υλικού



Προσθήκη κατσίγαρου κατά την ανάδευση του υλικού

**Εικόνα 7:** Διαδικασία κομποστοποίησης νωπής κοπριάς βοοειδών με προσθήκη κατσίγαρου

Στον Πίνακα 10 που ακολουθεί παρουσιάζεται το πρόγραμμα των αναδεύσεων των κομποστοποιητών του υλικού των βοοειδών και οι προσθήκες των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 10:** Αναδέψεις και προσθήκη κασίγαρου κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

Ανάδευση	Ημερομηνία ανάδευσης	Κωδικός Δείγματος	Προσθήκη κασίγαρου lit	Σημειώσεις
1η ανάδευση	27/11/2013	CoCS1	0	Εγκατάσταση κομποστοποιητή - μίξη υλικών
2η ανάδευση	10/12/2013	CoCS2	40	20lt OMW σε κάθε κομποστοποιητή
3η ανάδευση	19/12/2013	CoCS3	60	30lt OMW σε κάθε κομποστοποιητή
4η ανάδευση	8/1/2014	CoCS4	30	15lt OMW σε κάθε κομποστοποιητή
5η ανάδευση	21/1/2014	CoCS5	40	20lt OMW σε κάθε κομποστοποιητή
6η ανάδευση	5/2/2014	CoCS6	20	10lt OMW σε κάθε κομποστοποιητή
7η ανάδευση	18/2/2014	CoCS7	20	10lt OMW σε κάθε κομποστοποιητή

### 2.1.3 Νωπή κοπριά ορνίθων

Όπως και στα άλλα δυο υλικά, έτσι και για την κομποστοποίηση της κοπριάς των ορνίθων χρησιμοποιήθηκαν δυο κομποστοποιητές. Στον Πίνακα 11 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι όγκοι των αρχικών υλικών και το μίγμα αυτών για κάθε έναν από τους δυο κομποστοποιητές. Το διογκωτικό που χρησιμοποιήθηκε και σε αυτήν την περίπτωση σε ίσους όγκους προήλθε από κομποστοποίηση νωπής κοπριάς ορνίθων.

**Πίνακας 11:** Εγκατάσταση κομποστοποιητών για το υλικό των ορνίθων

Α/Α	Υλικά	1ος κομποστοποιητής		2ος κομποστοποιητής	
		Όγκος (lit)	Νωπό Βάρος (Kg)	Όγκος (lit)	Νωπό Βάρος (Kg)
1	Νωπό Υλικό κουτσουλιάς - <b>PoCS0</b>	340	282,2	350	290,5
2	Λεπτόκοκκο κόμποστ Κουτσουλιάς	340	180,2	350	185,5
3	Μείγμα - <b>PoCS1</b>	700	521,5	700	521,5

Ειδικό βάρος νωπής κοπριάς ορνίθων: 0,85Kg/lit

Ειδικό βάρος διογκωτικού (κοσκινισμένο κόμποστ από κοπριά βοοειδών): 0,55Kg/lit

Ειδικό βάρος μίγματος: 0,75Kg/lit

Στις ακόλουθες φωτογραφίες παρουσιάζεται η πορεία της κομποστοποίησης, από την έναρξη αυτής, μέχρι και την ολοκλήρωσή της. Επίσης, παρουσιάζεται η ογκομέτρηση των υλικών, η προσθήκη των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, καθώς και η ανάδευση του υλικού, ο τρόπος δειγματοληψίας και η μέτρηση της θερμοκρασίας του υλικού.



Ανάμιξη αρχικών υλικών, ογκομέτρηση και εγκατάσταση κομποστοποιητών



Εγκατεστημένοι κομποστοποιητές



Εσωτερική εικόνα υλικού κομποστοποιητών & δειγματοληψία



Απομάκρυνση δακτυλίων & ανάδευση του υλικού



Προσθήκη κατσίγαρου κατά την ανάδευση του υλικού

**Εικόνα 8:** Διαδικασία κομποστοποίησης νωπής κοπριάς ορνίθων με προσθήκη κατσίγαρου

Στον Πίνακα 12 που ακολουθεί παρουσιάζεται το πρόγραμμα των αναδύσεων των

κομποστοποιητών του υλικού των ορνίθων και οι προσθήκες των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 12:** Αναδέψεις και προσθήκη κατσίγαρου κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

Ανάδευση	Ημερομηνία ανάδευσης	Κωδικός Δείγματος	Προσθήκη κατσίγαρου lit	Σημειώσεις
1η ανάδευση	20/11/2013	PoCS1	0	Εγκατάσταση κομποστοποιητή - μίξη υλικών
2η ανάδευση	4/12/2013	PoCS2	40	20lit σε κάθε κομποστοποιητή
3η ανάδευση	16/12/2013	PoCS3	30	15lit σε κάθε κομποστοποιητή
4η ανάδευση	7/1/2014	PoCS4	40	20lit σε κάθε κομποστοποιητή
5η ανάδευση	20/1/2014	PoCS5	-	χωρίς προσθήκη κατσίγαρου ανάδευση για διόρθωση υγρασίας
6η ανάδευση	23/1/2014	PoCS6	-	χωρίς προσθήκη κατσίγαρου με προσθήκη 100lt πριονίδι σε κάθε κομποστοποιητή, σε αναλογία 1:5 (v/v)
7η ανάδευση	3/2/2014	PoCS7	-	χωρίς προσθήκη κατσίγαρου
8η ανάδευση	17/2/2014	PoCS8	70	35lit σε κάθε κομποστοποιητή
9η ανάδευση	4/3/2014	PoCS9	60	30lit σε κάθε κομποστοποιητή
10η ανάδευση	17/3/2014	PoCS10	60	30lit σε κάθε κομποστοποιητή
11η ανάδευση	27/3/2014	PoCS11	-	Ολοκλήρωση κομποστοποίησης

## 2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ, ΑΝΑΔΕΥΣΕΩΝ & ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

Στο παρόν πείραμα, όπως έχει σημειωθεί και σε προηγούμενες παραγράφους, χρησιμοποιήθηκαν για κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά υλικά δυο κομποστοποιητές των 700 λίτρων, ο κάθε ένας. Οι διαστάσεις κάθε δακτυλίου είναι 70\*70cm και ύψους 10cm. Το πείραμα υλοποιήθηκε εντός θερμοκηπίου, στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του ΤΕΙ Κρήτης. Στις ακόλουθες παραγράφους παρουσιάζονται οι μετρήσεις και αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Σημειώνεται ότι οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Αξιοποίησης Φυσικών πόρων & Γεωργικής Μηχανικής.

### 2.2.1 Δειγματοληψία

Πριν την ανάδευση, γινόταν δειγματοληψία υλικού για τον προσδιορισμό της υγρασίας, ακολουθώντας τη διαδικασία, όπως περιγράφεται ακολούθως, σε σχετική παράγραφο.

Για όλες τις άλλες αναλύσεις, γινόταν δειγματοληψία τριών διαφορετικών δειγμάτων, αμέσως μετά την ανάδευση των υλικών. Τα δείγματα αυτά τοποθετούνταν σε διαφορετικά κεσεδάκια, προκειμένου να έχουμε τριπλή επανάληψη. Τα τελικά αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση είναι ο μέσος όρος των 3 δειγμάτων.

Αναλύσεις στο νωπό αυτό δείγμα πραγματοποιούνταν για τον προσδιορισμό του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, των νιτρικών και αμμωνιακών. Όλες οι υπόλοιπες αναλύσεις γινόντουσαν μετά την προετοιμασία του δείγματος, η οποία περιλάμβανε ξήρανση του υλικού σε φούρνο στους 40°C μέχρι σταθεροποίησης του βάρους του, άλεση σε μύλο και κοσκίνισμα με κόσκινο των 2mm.



**Εικόνα 9:** Δειγματοληψία από τον κομποστοποιητή

### 2.2.2 Μέτρηση Θερμοκρασίας

Αμέσως μετά την εγκατάσταση του κομποστοποιητή, αρχίζει η μικροβιακή δράση που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας και συνεπώς την άνοδο της θερμοκρασίας αυτού, καθώς τα εξωτερικά στρώματά του επενεργούν θερμομονωτικά στα εσωτερικά. Έτσι, στα πρώτα δύο ή τρία 24/ωρα η θερμοκρασία μπορεί να υπερβεί και τους 70°C και να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο για αρκετές ημέρες. Συνήθως όμως, μετά από την πάροδο 5-10 περίπου ημερών, η θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει εξαιτίας της εξάντλησης του διαθέσιμου οξυγόνου ή της μείωσης της υγρασίας. Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητη η επέμβαση για οξυγόνωση του υλικού που μπορεί να γίνει είτε με το γύρισμα (ανακάτεμα) του σειραδίου, είτε με την παροχή αέρα υπό πίεση στη βάση του σωρού, είτε ακόμα και με αναρρόφηση των εγκλωβισμένων αερίων στη μάζα του υλικού και την αντικατάστασή τους με ατμοσφαιρικό αέρα. Ως ιδανική θερμοκρασία για τη μικροβιακή δραστηριότητα στους σωρούς του composting θεωρείται εκείνη μεταξύ των 50 και 65°C.

Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης η θερμοκρασία του υλικού παρακολουθείται σε καθημερινή βάση, σε δύο διαφορετικά βάθη του κομποστοποιητή (στα 15cm και στην καρδιά του κομποστοποιητή) με χρήση ηλεκτρονικού θερμομέτρου κλασσικού τύπου. Το

θερμόμετρο τοποθετείται στο υλικό μέχρι σταθεροποίησης της ένδειξης για ένα λεπτό. Παράλληλα, σημειωνόταν και η θερμοκρασία περιβάλλοντος.



**Εικόνα 10:** Θερμόμετρο και μέτρηση θερμοκρασίας υλικού κομποστοποιητή

### 2.2.3 Μέτρηση Υγρασίας

Η περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία ορίζεται ως το ποσοστό του βάρους του περιεχόμενου νερού, προς το βάρος της στερεής φάσης (των εδαφικών κόκκων), σύμφωνα με την παρακάτω σχέση.

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για μέτρηση υγρασίας είναι:

1. Φούρνος ξήρανσης ρυθμισμένος στους 105 βαθμούς: MEMMERT.
2. Πυρίμαχες κάψες.
3. Ζυγαριά ακριβείας : Kern



**Εικόνα 11:** Ζυγαριά εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης

#### 2.2.4 Προσδιορισμός οξύτητας (pH) και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.)

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

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

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

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



**Εικόνα 12:** Εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την επίτευξη κορεσμού των δειγμάτων. Χαρακτηριστικά κάτω κύλινδρου, εσωτ. Διάμετρος 42mm και ύψος 58mm ( $80\text{cm}^3$ ) και βαρίδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων





***Εικόνα 13:*** Διήθηση σε χωνί Buchner



***Εικόνα 14:*** Πεχάμετρο εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης



***Εικόνα 15:*** Αγωγιμόμετρο εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης

### **2.2.5 Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)**

Για τον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα σε οργανικά υλικά (π.χ. compost, φυτικό ιστό) χρησιμοποιείται η μέθοδος της ξηρής καύσης. Με την καύση προσδιορίζεται η οργανική ουσία, ενώ ο C προκύπτει 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 (Ασημακόπουλος Ι., 2005; Σινάνης, Κ. 2003).

### Εκτέλεση

Μετά το άλεσμα του υλικού από την ξήρανση, μέρος του δείγματος τοποθετείται σε φούρνο στους 90-105°C για τουλάχιστον 2h προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως η υγρασία. Αμέσως μετά ζυγίζονται σε κάψα πορσελάνης περίπου 2-3g από το δείγμα και η ακριβής μέτρηση καταγράφεται. Στη συνέχεια η κάψα τοποθετείται στον φούρνο αποτέφρωσης στους 600°C για 16 ώρες περίπου ή μέχρι σταθερού βάρους. Ζυγίζεται η τέφρα και προσδιορίζεται το ποσοστό % στο ξηρό δείγμα.

### 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:

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

Για τον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα, αρχικά γίνεται ζύγιση, σε ειδική κάψα, πολύ μικρής ποσότητας δείγματος (σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων). Αμέσως μετά, το δείγμα τοποθετείται σε φούρνο, στους 550°C για περίπου 16 ώρες ή έως σταθεροποίησης του βάρους τους. Οι μετρήσεις των αρχικών δειγμάτων της πειραματικής διαδικασίας έγιναν στον φούρνο καύσης. Οι υπόλοιπες μετρήσεις του οργανικού άνθρακα πραγματοποιήθηκαν σε ειδικό μηχάνημα μέτρησης (Total Organic Carbon Analyzer, TOC-V CSH, Shimadzu). Το δείγμα, εφόσον έχει προσδιοριστεί το βάρος του σε ειδικές κάψες, τοποθετείται στο μηχάνημα και η απευθείας μέτρηση ολοκληρώνεται σε λίγα λεπτά.



**Εικόνα 16:** Ζυγός ακριβείας εργαστηρίου TEI Κρήτης (μέχρι τέσσερα δεκαδικά ψηφία)



**Εικόνα 17:** Φούρνος καύσης (550°C) εργαστηρίου TEI Κρήτης



**Εικόνα 18:** Μηχάνημα μέτρησης TOC, εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης

### 2.2.6 Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl.

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

- Σε αναλυτική ζυγαριά ζυγίζεται συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος (ανάλογα με το υλικό), ακολουθείται ο Πίνακας παρακάτω, με χρήση χαρτιού ζυγίσματος και τοποθετείται στην ειδική κυλινδρική φιάλη της συσκευής, χωρητικότητας 250mL περίπου.
- Στη συνέχεια τοποθετούνται τα εξής αντιδραστήρια:
  - 20mL H<sub>2</sub>SO<sub>4(π)</sub> (το ρίχνουμε στα τοιχώματα της φιάλης και όχι απ' ευθείας στα δείγματα για να μην αφρίσουν ) και
  - 2 Kjeltabs
- Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 7 φορές με χρήση δείγματος και 1 φορά χωρίς να τοποθετηθεί δείγμα (blank). Στο τέλος είναι έτοιμες 8 φιάλες.
- Η φιάλη χωρίς δείγμα αποτελεί το «τυφλό» δείγμα.

**Πίνακας 13:** Ποσότητες δειγμάτων ανά τύπο δείγματος

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

- Στη συνέχεια τοποθετούνται στη συσκευή όπου γίνεται πέψη (ανοίγεται η βρύση, κλείνονται οι φιάλες με τα ειδικά πώματα και ανοίγεται η συσκευή)
- Ρυθμίζεται η θερμοκρασία της συσκευής

- Το πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου που ακολουθείται σύμφωνα με τον Πίνακα παρακάτω.
- Αφού τελειώσει το πρόγραμμα σηκώνουμε τα φιαλίδια χωρίς να απομακρύνουμε τα πόματα και τα τοποθετούμε στην ειδική θέση (θήκες). Αυξάνουμε 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 πόματα και τα φιαλίδια από τη συσκευή μέχρι να έχουν φύγει όλοι οι ατμοί.
- Στη συνέχεια μεταφερόμαστε στο σύστημα απόσταξης VaroDest, όπου παγιδεύεται το άζωτο με τη μορφή αμμωνίας, μέσα σε βορικό οξύ.
- Προσέχουμε η φιάλη του απιονισμένου νερού και η φιάλη του NaOH 32% να έχουν ικανή ποσότητα για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία.
- Ανοίγουμε τη βρύση.
- Η συσκευή ανοίγει και περιμένουμε την ένδειξη P.
- Εντωμεταξύ, σε ποτήρι ζέσεως των 250mL προσθέτονται 50mL από το διάλυμα του βορικού οξέος και 3-4 σταγόνες δείκτη Kjeldahl και τοποθετείται σε ειδική θέση μέσα στη συσκευή.
- Η κυλινδρική φιάλη με το δείγμα τοποθετείται σε ειδική θέση στη συσκευή.
- Αν η ένδειξη στην οθόνη είναι P, πατάμε το run και ξεκινά το πρόγραμμα.
- Όταν τελειώσει, αν έχει παραμείνει υγρό στη φιάλη, πατάμε empty για να φύγει.
- Τέλος παίρνουμε το ποτήρι και τιτλοδοτούμε με διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05N και καταγράφουμε τον όγκο που καταναλώνεται.
- Απομακρύνουμε την κυλινδρική φιάλη φορώντας γάντι και τοποθετούμε νέο δείγμα και νέο ποτήρι με βορικό.
- Όταν τελειώσουμε με τα δείγματα κλείνουμε τη βρύση.

**Πίνακας 14:** Πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου ανάλογα με τον τύπο δείγματος

Τύπος Δείγματος	Χρόνος (min)	Θερμοκρασία (°C)	Σχόλια
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Φυτικός Ιστός</li> <li>▪ Κομπόστ</li> </ul>	30	120	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Χώμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο.</li> </ul>	30	170	
	45	280	

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 1

Τύπος Δείγματος	Χρόνος (min)	Θερμοκρασία (°C)	Σχόλια
	90	400	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Χώμα</li> <li>▪ Λάσπη</li> </ul>	30	120-150	Για να μη σχηματιστεί αφρός.
<b>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 2</b>	90	420	1 <sup>ο</sup> μέρος οξείδωσης στα 45 min και 2 <sup>ο</sup> μέρος στα επόμενα 45min.

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

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

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

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

όπου:

c : η συγκέντρωση του τιτλοδοτικού διαλύματος σε N

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

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



α.



β.

**Εικόνα 19:** α. Σύστημα απόσταξης (VaroDest) β. Μηχάνημα πέψης (Συσκευή Kjeldahl Digestion Instrument) εργαστηρίου ΤΕΙ Κρήτης

### 2.2.7 Εκχύλιση φυτικού ιστού για προσδιορισμό Καλίου και Φωσφόρου

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

- Μετά το άλεσμα του ξηρού υλικού, μέρος του δείγματος τοποθετείται σε φούρνο, στους 90-105°C για τουλάχιστον 2h προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως η υγρασία.
- Αμέσως μετά, ζυγίζεται σε κάψα πορσελάνης περίπου 1gr από το δείγμα και η ακριβής μέτρηση καταγράφεται.
- Στη συνέχεια η κάψα τοποθετείται στον φούρνο αποτέφρωσης στους 550°C μέχρι το δείγμα να ασπρίσει. Ο χρόνος που θα γίνει αυτό είναι  $\approx$  2,5h.
- Αφού τελειώσει η καύση, η κάψα τοποθετείται σε θερμαινόμενη πλάκα και προστίθενται 5mL διαλύματος HCl 1M.
- Ακολουθεί θέρμανση (όχι βρασμός) μέχρι να αρχίσουν να βγαίνουν ατμοί από την κάψα, προκειμένου να διαλυθούν ευκολότερα τα διάφορα άλατα.
- Σε ογκομετρική φιάλη των 50mL τοποθετείται ένα μικρό χωνί και πάνω του ένα φίλτρο Whatman No40.
- 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<sup>+</sup>, P, κ.α.)

### 2.2.8 Προσδιορισμός καλίου

Τα στερεά δείγματα αναλύθηκαν για τον ποσοτικό προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ολικών μετάλλων (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, As κλπ.) με τη χρήση του ICP-MS 7500cx, αφού προετοιμάστηκαν κατάλληλα με τη βοήθεια της υγρής χώνευσης με μικροκύματα

(Microwave 3000, Anton Paar), προκειμένου να παραληφθούν σε διαλυτή μορφή τα προς ανάλυση στοιχεία. Για την υγρή χώνευση χρησιμοποιήθηκε μια παραλλαγή της μεθόδου EPA3051a (Standard methods in microwave assisted sample preparation, Application Note by Anton Paar). Συγκεκριμένα, ζυγίστηκε ποσότητα στερεού δείγματος (0.25-0.5g) και χωνεύτηκε με 9mL HNO<sub>3</sub> (>69% trace select grade, Fluka) ακολουθώντας το εξής πρόγραμμα:

**Πίνακας 15:** Πρωτόκολλο υγρής χώνευσης στερεών δειγμάτων

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

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

Κατά την ανάλυση των μετάλλων με το ICP-MS αξιοποιήθηκε η δυνατότητα του οργάνου να λειτουργεί σε collision (He) ή/και reaction (H<sub>2</sub>) mode με στόχο την παραγωγή ακόμα πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων, λόγω του περιορισμού των ισοβαρών παρεμποδίσεων (π.χ., παρεμπόδιση του 40Ar12C στην ανάλυση του 52Cr).

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

**Πίνακας 16:** Συνθήκες λειτουργίας ICP-MS

RF power (W)	1500	Collision gas	He
Plasma gas flow (L/min)	0,82	Collision gas flow (mL/min)	4,5
Auxiliary gas flow (L/min)	0,26	Reaction gas	H <sub>2</sub>
Sampling/Skimmer cone	Ni	Reaction gas flow (mL/min)	3,5

Nebulizer type	MicroMist	Solution uptake (uL/min)	160
S/C temperature	2° C	Integration time (sec per mass)	0,30
Replicates	3		

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

### 2.2.9 Προσδιορισμός ολικού φωσφόρου

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

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

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

Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75% του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25% περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) διαλυτών ιόντων από 70 – 90 % και πολυφωσφορικών ( $\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$ ) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων.

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



περαιτέρω.

#### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ:**

Η μέτρηση του Φωσφόρου πραγματοποιήθηκε με χρήση προϊόντων της εταιρείας HACH LANGE τεστ σε φιαλίδια (Ολικός Φωσφόρος και Ορθοφωσφορικά, τεστ σε φιαλίδια 2.0-20.0 mg/l PO<sub>4</sub>-P, Αριθμός προϊόντος:LCK350).

#### **ΕΚΤΕΛΕΣΗ:**

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

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

#### **2.2.10 Προσδιορισμός φαινολών**

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

μια χαμηλού κόστους στρατηγική ανακύκλωσης αυτών.

Στα πλαίσια της παρούσας, αμέσως μετά από κάθε ανάδευση του εκάστοτε υλικού γινόταν δειγματοληψία, για προσδιορισμό των φαινολών. Συνοπτικά, παρουσιάζεται ακολούθως η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των φαινολών.

### 1. Παρασκευή απαραίτητων διαλυμάτων.

#### *Διάλυμα γαλλικού οξέος (για την παρασκευή των προτύπων)*

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

#### *Διάλυμα ανθρακικού νατρίου (sodium carbonate)*

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

### 2. Αρχική μέθοδος

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

### 3. Τελική μέθοδος

Προσθέτουμε 1,6mL δείγματος. Έπειτα προσθέτουμε 100μL αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και ανακατεύουμε καλά. Στα επόμενα 30sec – 8 min προσθέτουμε 300 μL διαλύματος ανθρακικού νατρίου και ανακατεύουμε. Αφήνουμε τα διαλύματα για 2 ώρες στους 20°C (ή 30 min στους 40°C) και μετράμε την απορρόφηση στα 765nm. Πριν

μετρήσουμε μηδενίζουμε με υπερκαθαρό νερό. Επίσης μετράμε και το ένα διάλυμα blank (αντί για δείγμα προσθέτουμε νερό) του οποίου την απορρόφηση την αφαιρούμε από την απορρόφηση των δειγμάτων προς μέτρηση.

### Πρότυπη καμπύλη

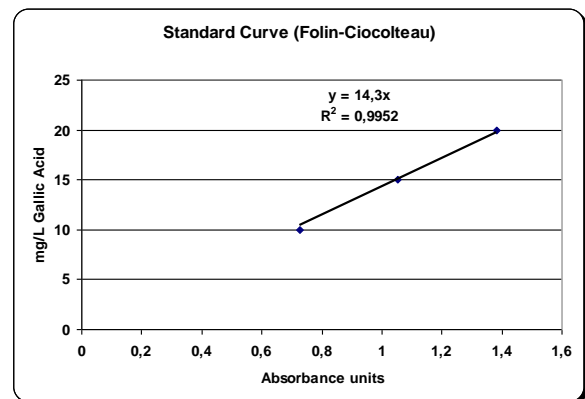
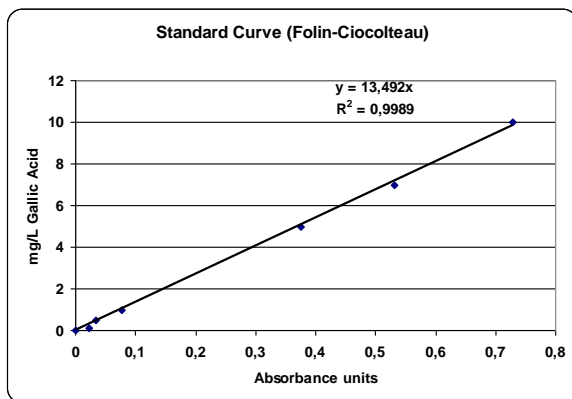
Για τη δημιουργία της πρότυπης καμπύλης δημιουργήθηκε αρχικά ένα ενδιάμεσο πρότυπο διάλυμα συγκέντρωσης 500mg/L. Για το διάλυμα αυτό πήραμε 10mL από το διάλυμα γαλλικού οξέος 5000 mg/L και τα αραιώνουμε ως 100mL σε μια ογκομετρική φιάλη.

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

**Πίνακας 17:** Απορροφήσεις για τα πρότυπα διαλύματα

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

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



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

#### 4. Εύρεση ορίου ανίχνευσης μεθόδου

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

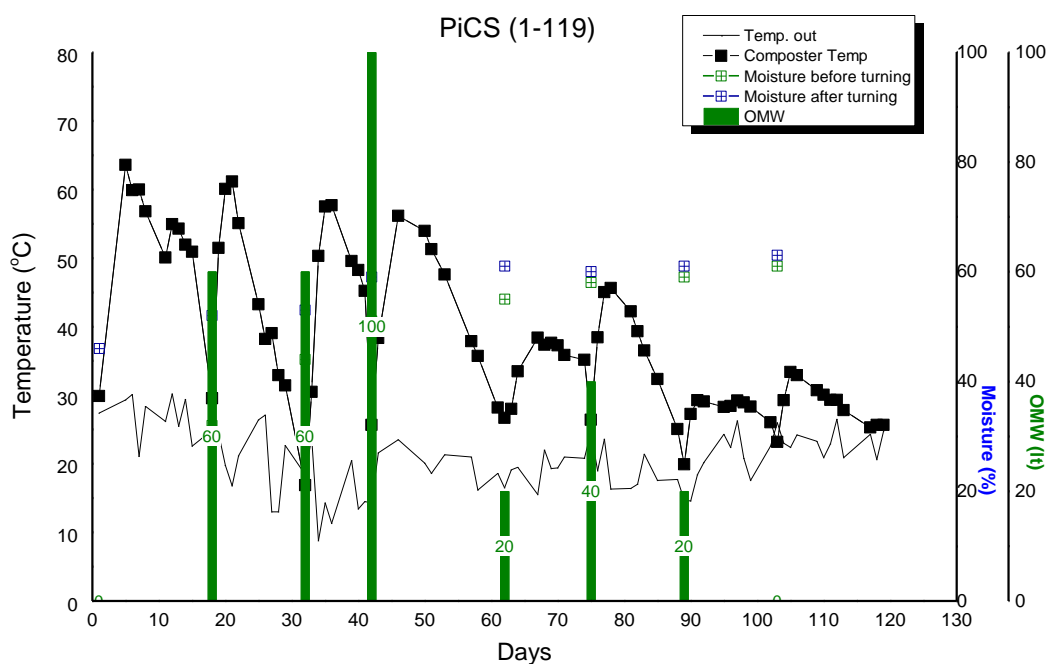
Τελικά το όριο ανίχνευσης της μεθόδου είναι: 0,402mg/L.

### 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια συγκεντρωτική παρουσίαση ανά υλικό των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

#### 3.1 Κομποστοποίηση Νωπής κοπριάς χοίρων

Η διαδικασία της κομποστοποίησης της νωπής κοπριάς χοίρων πραγματοποιήθηκε με παλιό κόμποστ από κοπριά χοίρων, που χρησιμοποιήθηκε ως διογκωτικό, σε ίσους όγκους, με το νωπό υλικό. Η κομποστοποίηση αυτή διήρκεσε περίπου 110 ημέρες. Κατά τη διάρκειά της πραγματοποιήθηκαν 8 αναδέυσεις του υλικού, όπου ταυτόχρονα γινόταν και προσθήκη κατσίγαρου, σε τέτοιες ποσότητες ώστε να ρυθμιστεί η υγρασία του υλικού στα επιθυμητά επίπεδα, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κομποστοποίηση. Στην παράγραφο 2.1.1. της παρούσας, στον Πίνακα 8 έχουν παρουσιαστεί οι ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκε κάθε ανάδευση του υλικού, καθώς επίσης και οι ποσότητες των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου που προστέθηκαν σε κάθε ανάδευση. Στο Διάγραμμα 1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το θερμοκρασιακό προφίλ του υλικού, καθ' όλη τη διάρκεια της κομποστοποίησης, η ποσότητα του κατσίγαρου που προστέθηκε σε κάθε ανάδευση, η εξωτερική θερμοκρασία, καθώς και η υγρασία του υλικού, πριν και μετά την ανάδευση.

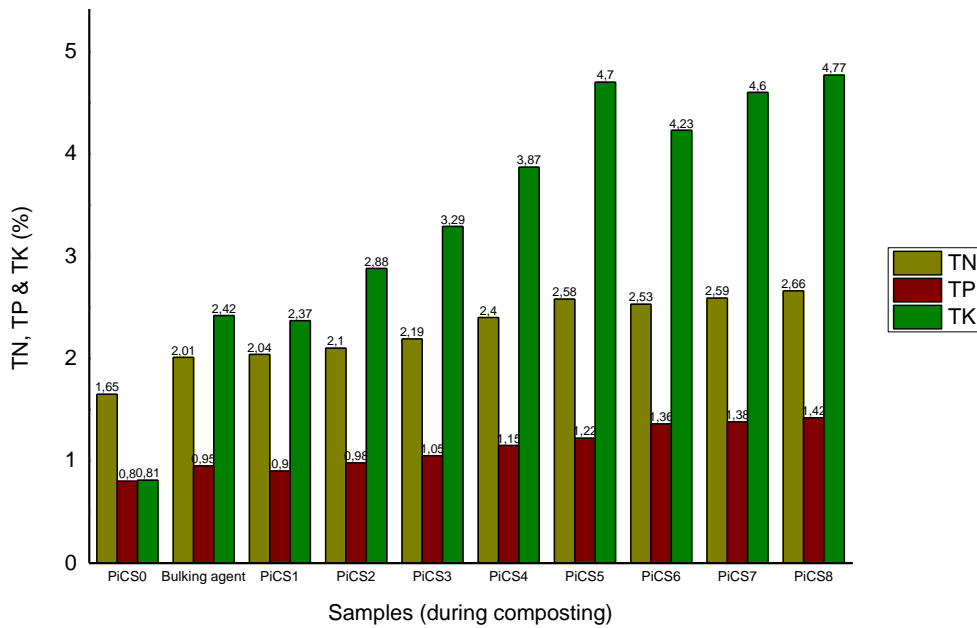


**Διάγραμμα 1.** Θερμοκρασιακό προφίλ υλικού χοίρων κατά την κομποστοποίηση & ποσότητες OMW

Από το παραπάνω Διάγραμμα προκύπτει ότι, αμέσως μετά από κάθε ανάδευση του υλικού η θερμοκρασία αυξανόταν κατακόρυφα, με μέγιστη θερμοκρασία υλικού να σημειώνεται στους 64°C που σημειώθηκε την 5<sup>η</sup> ημέρα από την εγκατάσταση των κομποστοποιητών. Η βέλτιστη υγρασία για την κομποστοποίηση του υλικού παρατηρήθηκε ότι ήταν μεταξύ 48-55%. Στον ακόλουθο Πίνακα 18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών από την κομποστοποίηση της νωπής κοπριάς χοίρων, με προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 18:** Αποτελέσματα φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κομποστοποίησης νωπής κοπριάς χοίρων με προσθήκη κασίγαρου

Κομποστοποίηση νωπής κοπριάς χοίρων με προσθήκη ΟΜΩ															
Υλικά	Ημέρες	Προσθήκη ΟΜΩ	Υγρασία Πριν	Υγρασία Μετά	pH	EC	TOC	TK	TP	TN	Φαινόλες	Cu	Zn	Pb	Mg
Κωδικοί δειγμάτων		(Lt)	(%)	(%)		(mS/cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(gr gallic acid /Kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/kg)
Χοίροι Νωπό - <b>PiCS0</b>	1	0	69		7,5	0,9	51,0	0,81	0,80	1,65	0,3	35,54	191,43	<DL	1,73
Χοίροι Διογκωτικό	1	0	32		7,4	1,5	35,0	2,42	0,95	2,01	0,7	68,71	224,62	<DL	4,36
Χοίροι μίγμα - <b>PiCS1</b>	1	0	46		7,3	1,3	39,0	2,37	0,90	2,04	0,4	58,18	196,41	<DL	3,88
<b>PiCS2</b>	18	60	32	52	7,7	1,4	38,0	2,88	0,98	2,10	0,5	53,48	339,17	<DL	12,57
<b>PiCS3</b>	32	60	44	53	7,5	2,0	38,0	3,29	1,05	2,19	0,5	60,93	262,47	<DL	12,83
<b>PiCS4</b>	42	100	51	59	8,0	2,2	36,0	3,87	1,15	2,40	0,5	41,95	153,76	<DL	9,41
<b>PiCS5</b>	62	20	55	61	8,0	2,3	39,0	4,70	1,22	2,58	0,6	57,31	269,52	2,53	7,56
<b>PiCS6</b>	75	40	53	60	8,2	2,5	32,0	4,23	1,36	2,53	0,7	75,75	325,41	1,63	8,49
<b>PiCS7</b>	89	20	59	61	8,0	2,4	37,0	4,60	1,38	2,59	0,8	63,09	308,21	<DL	8,10
<b>PiCS8</b>	103	0	61	63	7,8	2,3	36,0	4,77	1,42	2,66	1,0	65,35	301,05	<DL	8,49



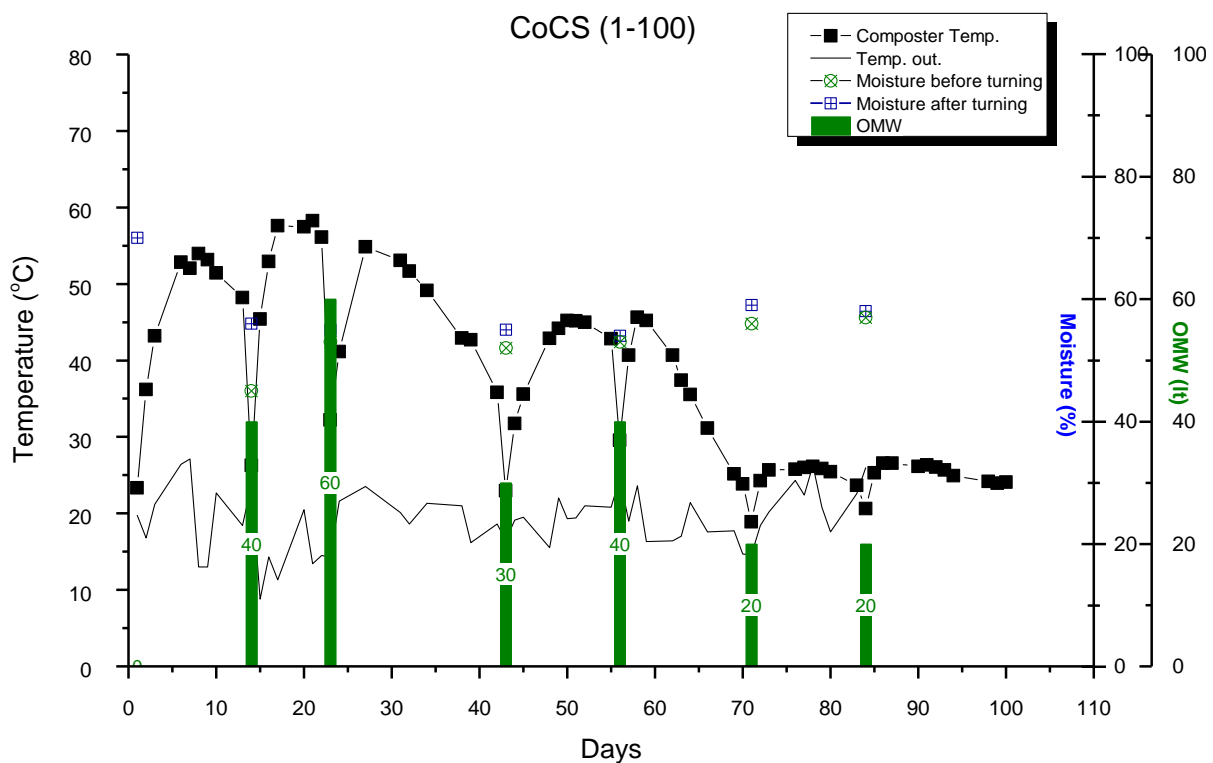
**Διάγραμμα 2.** Μεταβολές θρεπτικών (αζώτου, καλίου και φωσφόρου) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης της κοπριάς των χοίρων

Όσον αφορά στα στοιχεία N – P – K, από τα δεδομένα του Πίνακα 18, τα οποία απεικονίζονται και στο παραπάνω διάγραμμα, προκύπτει ότι η συγκέντρωση του φωσφόρου αυξήθηκε από 0,8% σε 1,42%, παρατηρήθηκε δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 77,5%, με την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης και την προσθήκη περίπου 300lt υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του Καλίου, η συγκέντρωσή του από 0,81% αυξήθηκε στο 4,77%, παρατηρήθηκε δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 489%, στο σύνολο της κομποστοποίησης. Για το Άζωτο, η συγκέντρωσή του στο νωπό υλικό ήταν 1,65% και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης μετρήθηκε σε 2,66%. Η αύξηση που παρατηρήθηκε είναι της τάξης του 62%.

Προκύπτει λοιπόν για το υλικό της κοπριάς των χοίρων ότι, μετά από κομποστοποίηση με διογκωτικό, το οποίο έχει προέλθει επίσης από νωπή κοπριά χοίρων, με πράσινα διογκωτικά και προσθήκη κατσίγαρου, η πλέον σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στην περίπτωση της συγκέντρωσης του Καλίου, γεγονός που δικαιολογείται λόγω επίσης της αυξημένης συγκέντρωσης σε κάλιο των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Ωστόσο, αυτό δε σημαίνει πως η αύξηση των άλλων θρεπτικών δεν είναι ικανοποιητική, λαμβάνοντας υπόψη ότι με τον τρόπο αυτό προκύπτει ένα υλικό το οποίο είναι κάτι περισσότερο από εδαφοβελτωτικό.

### 3.2 Κομποστοποίηση Νωπής κοπριάς βοοειδών

Η διαδικασία της κομποστοποίησης της νωπής κοπριάς βοοειδών, μαζί με παλιό κόμποστ από κοπριά βοοειδών, που χρησιμοποιήθηκε ως διογκωτικό, σε ίσους όγκους, διήρκησε περίπου 100 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής, πραγματοποιήθηκαν 7 αναδέψεις του υλικού, όπου ταυτόχρονα γινόταν και προσθήκη κατσίγαρου, σε τέτοιες ποσότητες ώστε να ρυθμιστεί η υγρασία του υλικού στα επιθυμητά επίπεδα, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κομποστοποίηση. Στην παράγραφο 2.1.2. της παρούσας, στον Πίνακα 10 έχουν παρουσιαστεί οι ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκε κάθε ανάδευση του υλικού, καθώς επίσης και οι ποσότητες των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου που προστέθηκαν σε κάθε ανάδευση. Συνολικά προστέθηκαν 210lt υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Στο Διάγραμμα 3 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το θερμοκρασιακό προφίλ του υλικού, καθ' όλη τη διάρκεια της κομποστοποίησης, η ποσότητα του κατσίγαρου που προστέθηκε σε κάθε ανάδευση, η εξωτερική θερμοκρασία, καθώς και η υγρασία του υλικού, πριν και μετά την ανάδευση.



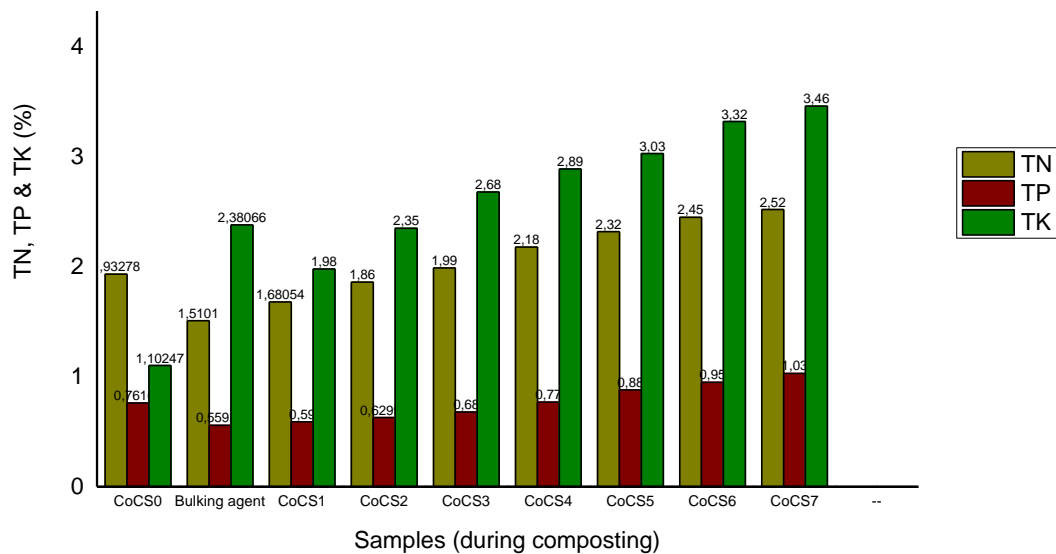
**Διάγραμμα 3.** Θερμοκρασιακό προφίλ υλικού βοοειδών κατά την κομποστοποίηση & ποσότητες OMW



Από το παραπάνω Διάγραμμα προκύπτει ότι, αμέσως μετά από κάθε ανάδευση του υλικού η θερμοκρασία αυξανόταν κατακόρυφα, με μέγιστη θερμοκρασία υλικού να σημειώνεται στους 62,4°C που σημειώθηκε την 21<sup>η</sup> ημέρα από την εγκατάσταση των κομποστοποιητών. Από την έναρξη της εγκατάστασης των υλικών η μέγιστη θερμοκρασία κυμάνθηκε περίπου στους 52 – 53°C. Η καθυστέρηση αυτή στην αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού οφείλεται στην αρχική αυξημένη υγρασία του υλικού (περίπου 70%). Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε ανάδευση του υλικού μετά από περίπου 2 εβδομάδες, όπου η υγρασία είχε μειωθεί στο 45%, οπότε προστέθηκε μικρή ποσότητα κατσίγαρου, προκειμένου να ρυθμιστεί η υγρασία περίπου στο 55%, που θεωρείται και ιδανική για την κομποστοποίηση. Αμέσως μετά, η θερμοκρασία του υλικού άρχισε να αυξάνεται απότομα, με μέγιστη θερμοκρασία να σημειώνεται στους 62,4°C. Μετά την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης του υλικού των βοοειδών παρατηρήθηκε ότι, στην περίπτωση αυτή, ιδανική υγρασία ήταν μεταξύ 52-55%. Στον ακόλουθο Πίνακα 19 ακολουθώντας, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών από την κομποστοποίηση της νωπής κοπριάς των βοοειδών, με προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 19:** Αποτελέσματα φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κομποστοποίησης νωπής κοπριάς βοοειδών με προσθήκη κατσίγαρου

Κομποστοποίηση νωπής κοπριάς βοοειδών με προσθήκη ΟΜΩ															
Υλικά	Ημέρες	Προσθήκη ΟΜΩ	Υγρασία Πριν	Υγρασία Μετά	pH	EC	TOC	TK	TP	TN	Φαινόλες	Cu	Zn	Pb	Mg
Κωδικοί δειγμάτων		(Lt)	(%)	(%)		(mS/cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(gr gallic acid /kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/kg)
Βοοειδή Νωπό - CoCS0	1	0	77		8,6	2,4	48,8	1,10	0,76	1,93	2,1	20,37	108,21	<DL	7,98
Βοοειδή Διογκωτικό	1	0	17		7,5	2,0	24,5	2,38	0,56	1,51	0,5	34,81	164,95	<DL	14,10
Βοοειδή μίγμα - CoCS1	1	0	70		8,9	2,1	32,9	1,98	0,59	1,68	0,7	24,37	104,10	<DL	12,55
CoCS2	14	40	45	56	8,2	3,9	28,2	2,35	0,63	1,86	0,5	32,51	139,09	<DL	13,46
CoCS3	23	60	53	55	8,3	3,4	26,9	2,68	0,68	1,99	0,5	28,82	113,67	<DL	16,53
CoCS4	43	30	52	55	8,2	3,5	29,4	2,89	0,77	2,18	0,7	55,21	173,42	1,94	10,65
CoCS5	56	40	53	54	8,3	5,2	27,8	3,03	0,88	2,32	0,6	41,31	216,55	6,32	11,96
CoCS6	71	20	56	59	8,6	3,7	29,3	3,32	0,95	2,45	0,6	38,13	166,75	<DL	9,98
CoCS7	84	20	57	58	8,4	3,7	27,1	3,46	1,03	2,52	0,6	38,51	167,72	<DL	9,26



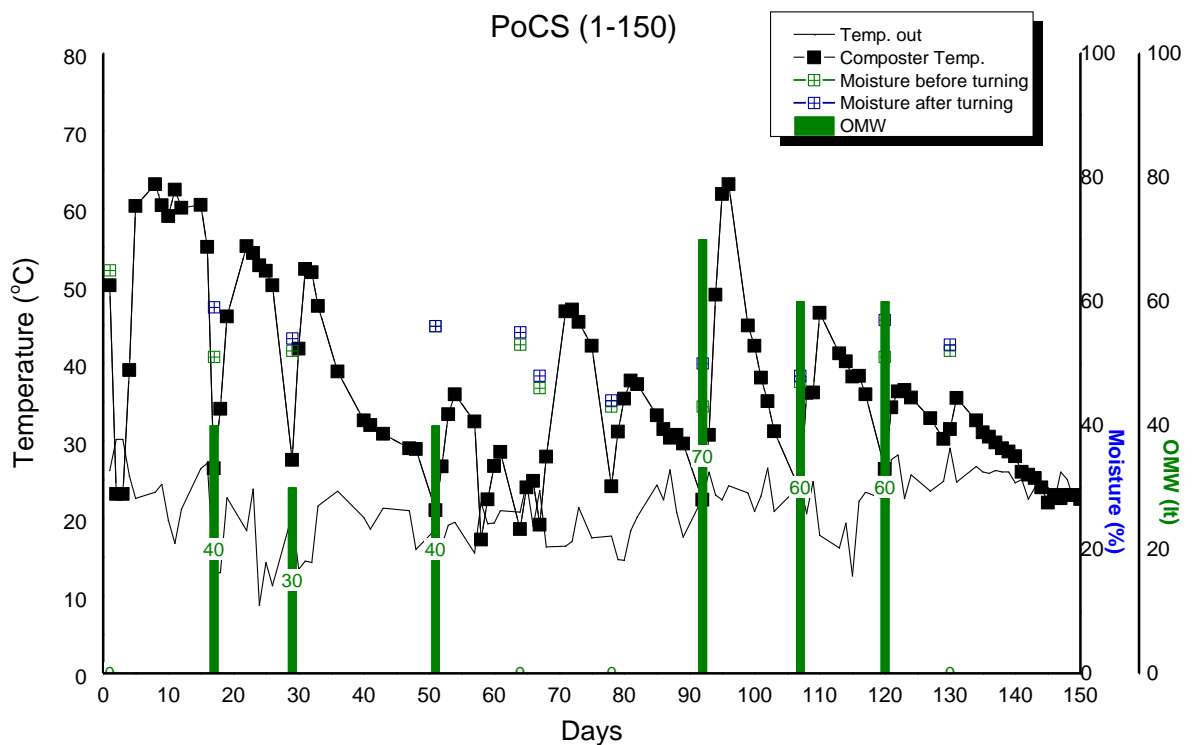
**Διάγραμμα 4.** Μεταβολές θρεπτικών (αζώτου, καλίου και φωσφόρου) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης του υλικού των βοοειδών

Όσον αφορά στα στοιχεία N – P – K, από τα δεδομένα του Πίνακα 19, τα οποία απεικονίζονται και στο παραπάνω διάγραμμα, προκύπτει ότι η συγκέντρωση του φωσφόρου αυξήθηκε από 0,76% σε 1,03%, παρατηρήθηκε δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 35,5%, με την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης και την προσθήκη περίπου 210lt υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του Καλίου, η συγκέντρωσή του από 1,10% αυξήθηκε στο 3,46%, παρατηρήθηκε δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 214%, στο σύνολο της κομποστοποίησης. Για το Άζωτο, η συγκέντρωσή του στο νωπό υλικό ήταν 1,93% και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης μετρήθηκε σε 2,52%. Η αύξηση που παρατηρήθηκε είναι της τάξης του 30,5%.

Παρόμοια με το υλικό των χοίρων και στην περίπτωση της κομποστοποίησης της νωπής κοπριάς των βοοειδών η σημαντικότερη αύξηση παρατηρήθηκε στην περίπτωση του καλίου, χωρίς να υποτιμάται η αύξηση της συγκέντρωσης των άλλων 2 υλικών.

### 3.3 Κομποστοποίηση Νωπής κοπριάς ορνίθων

Η διαδικασία της κομποστοποίησης της νωπής κοπριάς ορνίθων, μαζί με παλιό κόμποστ από κοπριά ορνίθων, που χρησιμοποιήθηκε ως διογκωτικό, σε ίσους όγκους, διήρκησε περίπου 150 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής, πραγματοποιήθηκαν 11 αναδεύσεις του υλικού, όπου ταυτόχρονα γινόταν και προσθήκη κατσίγαρου, σε τέτοιες ποσότητες ώστε να ρυθμιστεί η υγρασία του υλικού στα επιθυμητά επίπεδα, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κομποστοποίηση. Στην παράγραφο 2.1.3. της παρούσας, στον Πίνακα 12 έχουν παρουσιαστεί οι ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκε κάθε ανάδευση του υλικού, καθώς επίσης και οι ποσότητες των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου που προστέθηκαν σε κάθε ανάδευση. Συνολικά προστέθηκαν 300lt υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Στο Διάγραμμα 5 που ακολουθεί, παρουσιάζεται το θερμοκρασιακό προφίλ του υλικού, καθ όλη τη διάρκεια της κομποστοποίησης, η ποσότητα του κατσίγαρου που προστέθηκε σε κάθε ανάδευση, η εξωτερική θερμοκρασία, καθώς και η υγρασία του υλικού, πριν και μετά την ανάδευση.

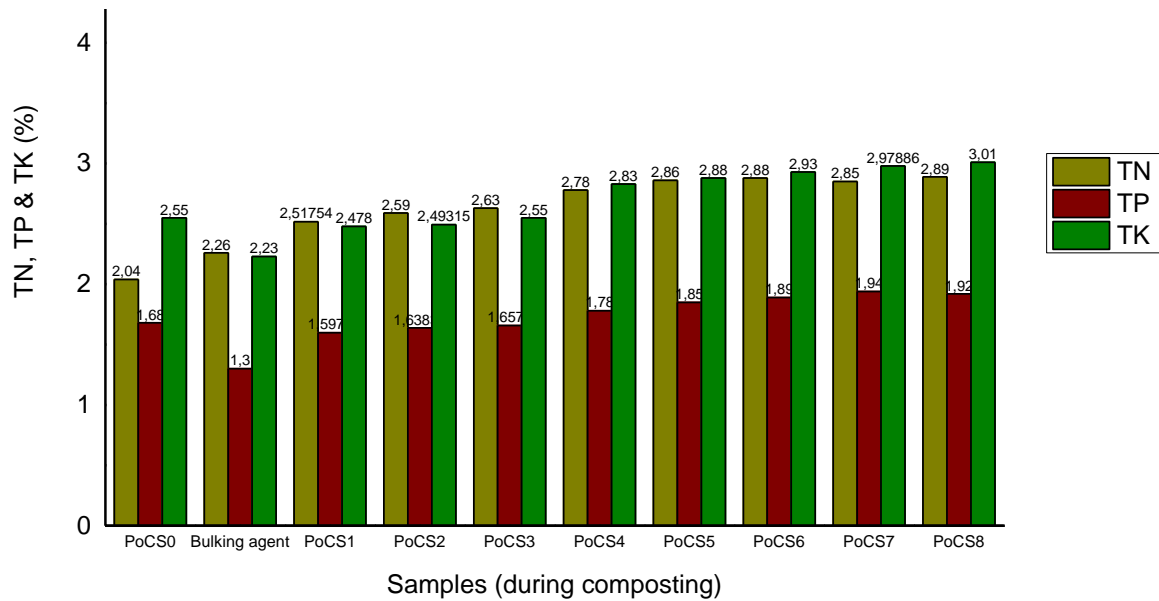


**Διάγραμμα 5.** Θερμοκρασιακό προφίλ υλικού ορνίθων κατά την κομποστοποίηση & ποσότητες OMW

Από το παραπάνω Διάγραμμα προκύπτει ότι, αμέσως μετά από κάθε ανάδευση του υλικού η θερμοκρασία αυξανόταν κατακόρυφα, με μέγιστη θερμοκρασία υλικού να σημειώνεται στους 63,2°C που σημειώθηκε την 8<sup>η</sup> ημέρα από την εγκατάσταση των κομποστοποιητών. Μέχρι την 90<sup>η</sup> ημέρα, η θερμοκρασία του υλικού μειωνόταν σταδιακά από την 8<sup>η</sup> μέρα και έπειτα. Ωστόσο, η υγρασία το διάστημα αυτό κυμάνθηκε περίπου σε ποσοστά από 50-59%. Μετά την 90<sup>η</sup> ημέρα όμως, όπου πραγματοποιήθηκε η 8<sup>η</sup> ανάδευση του υλικού, σε μια υγρασία μεταξύ 43 – 50% η θερμοκρασία του υλικού αυξήθηκε κατακόρυφα, στους 63°C, γεγονός που δηλώνει ότι δεν είχε ολοκληρωθεί η διαδικασία της κομποστοποίησης. Στο σύνολο των 150 ημερών η θερμοκρασία του κομποστοποιημένου υλικού σταθεροποιήθηκε σε τιμές κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στο σύνολο της πειραματικής διαδικασίας προστέθηκαν συνολικά 300lt κασίγαρου. Μετά την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης του υλικού των ορνίθων παρατηρήθηκε ότι στην περίπτωση αυτή, ιδανική υγρασία ήταν μεταξύ 48-55%. Στον ακόλουθο Πίνακα 20, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών από την κομποστοποίηση της νωπής κοπριάς των ορνίθων, με προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

**Πίνακας 20:** Αποτελέσματα φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κομποστοποίησης νωπής κοπριάς ορνίθων με προσθήκη κασίγαρου

Κομποστοποίηση νωπής κοπριάς ορνίθων με προσθήκη OMW															
Υλικά	Ημέρες	Προσθήκη OMW	Υγρασία Πριν	Υγρασία Μετά	pH	EC	TOC	TK	TP	TN	Φαινόλες	Cu	Zn	Pb	Mg
Κωδικοί δειγμάτων		(Lt)	(%)	(%)		(mS/cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(gr gallic acid /kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/kg)
Όρνιθες Νωπό - PoCS0	1	0	75		9,0	11,2	40,6	2,55	1,68	2,04	3,5	44,41	257,19	1,03	8,32
Όρνιθες Διογκωτικό	1	0	20		8,4	6,0	31,6	2,23	1,30	2,26	2,1	53,96	233,73	5,66	10,06
Όρνιθες μίγμα - PoCS1	1	0	65		9,2	8,7	38,4	2,48	1,60	2,52	4,5	54,67	258,67	6,34	9,46
PoCS2	17	40	51	59	9,1	9,2	33,4	2,49	1,64	2,59	3,5	53,48	276,46	<DL	14,17
PoCS3	29	30	52	54	9,1	9,5	30,8	2,55	1,66	2,63	5,3	48,22	241,77	<DL	14,19
PoCS4	51	40	56	56	9,2	9,7	30,1	2,83	1,78	2,78	6,5	58,02	284,69	1,28	10,52
PoCS5	64	0	53	55	9,0	8,3	30,0	2,88	1,85	2,86	6,0	69,33	329,14	2,54	12,54
PoCS6	67	0	46	48	8,9	6,9	34,7	2,93	1,89	2,88	5,7	56,89	281,61	1,31	10,65
PoCS7	78	0	43	44	8,6	4,0	30,9	2,98	1,94	2,85	4,3	78,80	378,76	<DL	10,91
PoCS8	92	70	43	50	8,0	5,2	29,5	3,01	1,92	2,89	2,8	59,49	313,47	<DL	9,98
PoCS9	107	60	47	48	8,4	6,9	27,6	3,09	1,98	2,93	4,1	64,19	512,29	3,82	15,25
PoCS10	120	60	51	57	8,4	7,3	26,5	3,12	2,01	2,95	3,6	49,19	368,63	1,67	10,33
PoCS11	130	0	52	53	8,1	7,9	24,5	3,21	2,02	2,96	3,1	78,37	391,38	0,94	11,39



**Διάγραμμα 6.** Μεταβολές θρεπτικών (αζώτου, καλίου και φωσφόρου) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης της κοπριάς των ορνίθων

Όσον αφορά στα στοιχεία N – P – K, από τα δεδομένα του Πίνακα 20, τα οποία απεικονίζονται και στο παραπάνω διάγραμμα, προκύπτει ότι η συγκέντρωση του φωσφόρου αυξήθηκε από 1,68% σε 2,02%, παρατηρήθηκε δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 20%, με την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης και την προσθήκη περίπου 300lt υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, σε πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από τα υπόλοιπα υλικά. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του Καλίου, η συγκέντρωσή του από 2,55% αυξήθηκε στο 3,21%, παρατηρήθηκε δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 26%, στο σύνολο της κομποστοποίησης. Για το Άζωτο, η συγκέντρωσή του στο νωπό υλικό ήταν 2,04% και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης μετρήθηκε σε 2,96%. Η αύξηση που παρατηρήθηκε είναι της τάξης του 45%.

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ότι, στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε μικρότερη συμπύκνωση θρεπτικών, παρά το γεγονός ότι οι αρχικές συγκεντρώσεις στη νωπή κοπριά ορνίθων ήταν μεγαλύτερες. Η υφή του υλικού και η υψηλή υγρασία παρουσίασαν διάφορα προβλήματα κατά την κομποστοποίηση (απορροή από τον κομποστοποιητή του προστιθέμενου Ομw), η οποία διήρκησε και πολύ περισσότερο.

## 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 4.1 Γενικά συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας και συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα τα οποία πρόέκυψαν κατά τη διάρκεια αυτής, σημειώνονται τα ακόλουθα συγκεντρωτικά στοιχεία του Πίνακα 21 και για τα τρία προς αξιολόγηση υλικά.

**Πίνακας 21:** Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα τρία διαφορετικά υλικά, μετά από την κομποστοποίηση με κασίγαρο

Υλικό	Διάρκεια Κομπ/σης	Μέγιστη Θερμ/σία °C	Αρ. αναδ/ων	Υ.Α.Ε.	Μέση Υγρασία	Αύξηση θρεπτικών %		
						N	P	K
PiCS	120 ημέρες	64° C	8	300 Lt	48-55%	62%	77,5%	489%
CoCS	100 ημέρες	62,4° C	7	210 Lt	52-55%	30,5%	35,5%	214%
PoCS	150 ημέρες	63,2° C	11	300Lt	48-55%	45%	20%	26%

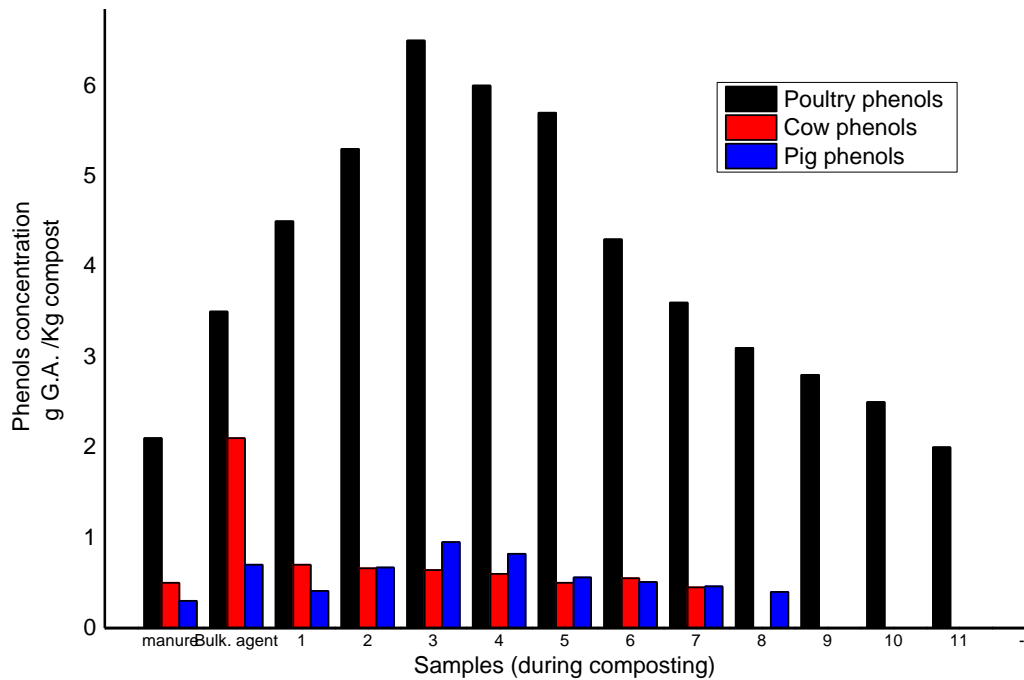
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία του πίνακα 21 παρατηρείται ότι, οι συγκεντρώσεις όλων των θρεπτικών στοιχείων έχουν αυξηθεί σημαντικά, γεγονός που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για να γίνει αναφορά σε συμπύκνωση των θρεπτικών στοιχείων των υλικών που αναμίχθηκαν κατά την κομποστοποίηση.

Ωστόσο, με βάση πάλι τα παραπάνω συγκεντρωτικά στοιχεία θα μπορούσε να τονιστεί ότι, τα καλύτερα αποτελέσματα προέκυψαν στην περίπτωση της κομποστοποίησης της κοπριάς των χοίρων. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε ίσως να αιτιολογηθεί, λαμβάνοντας υπόψη και την αρχική υφή και δομή αυτού του υλικού, καθώς αυτά επηρέασαν, τόσο τη διάρκεια της κομποστοποίησης, όσο και την απορρόφηση ποσότητας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Αναμφίβολα, η σημαντικότερη αύξηση παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση του καλίου η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική και αναμφίβολα οφείλεται και στην επίσης αυξημένη, συγκριτικά με τα άλλα στοιχεία, συγκέντρωσή του στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων.

Με βάση την παρούσα πειραματική διεργασία προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση της δυνατότητας συμπύκνωσης θρεπτικών από υπολείμματα και απόβλητα, προκειμένου αυτά να αξιοποιηθούν κατάλληλα και θρεπτικά τα οποία υπάρχουν σε αυτά να ανακυκλώνονται και να αξιοποιούνται σε κάθε περίπτωση κατάλληλα.

Πέρα όμως από τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τα προαναφερόμενα θρεπτικά,

στα πλαίσια της παρούσας αξιολογήθηκε και η μεταβολή της συγκέντρωσης του υλικού σε φαινόλες, οι οποίες στην περίπτωση που το υλικό αυτό χρησιμοποιηθεί στη γεωργία θα μπορούσαν να δράσουν φυτοτοξικά. Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με τη συγκέντρωση των φαινολών, προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα.



**Διάγραμμα 7.** Μεταβολές συγκέντρωσης φαινολών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης για τα τρία διαφορετικά είδη νωπής κοπριάς με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Με βάση τα στοιχεία του Διαγράμματος 7 θα μπορούσε να σημειωθεί ότι, για το υλικό των ορνίθων η συγκέντρωση των φαινολών είναι ιδιαίτερα αυξημένη, με αυξητική τάση μέχρι σχεδόν την τρίτη ανάδευση και σημαντική μείωση μέχρι και την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης. Για το υλικό των βοοειδών και των χοίρων από την άλλη, θα μπορούσε να σημειωθεί ότι, αν και σε αυτές τις περιπτώσεις επίσης παρατηρείται κατά την πορεία της κομποστοποίησης μείωση της συγκέντρωσης των φαινολών, ωστόσο, η συγκέντρωση αυτών είναι πολύ χαμηλότερη αυτής του υλικού των ορνίθων, γεγονός που θα το καθιστούσε «καλύτερο» στην περίπτωση εκείνη που θα αξιολογούνταν αγρονομικά.

Συμπερασματικά, το τελικό παραγόμενο προϊόν θα μπορούσε να διερευνηθεί σε ερευνητικό επίπεδο ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησης του ως οργανικό λίπασμα, το οποία θα μπορούσε ίσως να συμβάλει και στην αντικατάσταση μέρους της απαιτούμενης χημικής λίπανσης σε διάφορες καλλιέργειες.

## ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γεωργακάκης Δ. (1998), “Επεξεργασία και Διάθεση Αποβλήτων Πτηνοκτηνοτροφικών Μονάδων & Γεωργικών Βιομηχανιών”, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Γεωργακαράκος Κ. (2013) Επεξεργασία και αξιοποίηση υγρών λυμάτων ελαιουργείου.
- Ε. Νταρακάς, (2006). Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων, ΑΠΘ, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος
- Θέσσαλος Κ., Παπαθεοδώρου Α., Γεωργακάκης Δ., (1988) 'Γεωργοκτηνοτροφικές Εφαρμογές' σε συνεργασία των Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών (Γ.Π.Α.) Μονόπλων και Μυρηκαστικών του Υπουργείου Γεωργίας.
- Κυριτσάκης, Α.Κ. (1988). Το ελαιόλαδο. Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις, Θεσσαλονίκη 1989
- Μανιός Θ. 2003β. Χουμοποίηση Οργανικών Υπολειμμάτων. Σημειώσεις Εργαστηρίου Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων, Σχολή Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Κρήτης
- Μανιός Θ., Φουντουλάκης Μ., Τερζάκης Σ., (2009) «Εργαστήριο Επεξεργασίας και Αξιοποίησης Υγρών Αποβλήτων», Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιέργειών & Ανθοκομίας, Ηράκλειο 2009.
- Μπαλατσούρας Γ.Δ., 1997: Το Ελαιόδενδρο. - Αθήνα, σελ. 409.
- Μπαλατσούρας Γ.Δ., 1999: Η Ελαιουργία. - Αθήνα, σελ. 409.
- Μπουρτσαλάς Α., Θέμελης Ν., Καλογήρου Ε. (2011). Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος. Earth Engineering Center. Columbia University
- Οιχαλιώτης, Κ. Δ. Και Γ. Ζερβάκης, (1999). Τα απόβλητα και παραπροϊόντα των ελαιοτριβείων δύο και τριών φάσεων. Μια αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης. - Ελιά & Ελαιόλαδο 14: 52-59.
- Σκιαδά Β. Γ., (2011). Μελέτη της μικροβιακής ποικιλότητας κατά τη συγκομποστοποίηση στερεών και υγρών αγροτοβιομηχανικών υποπροϊόντων με τη χρήση μοριακών τεχνικών. 2.3, 17-25.



Φραγκάκη Γ., (2008). Ενεργειακό Δυναμικό από τα κτηνοτροφικά απόβλητα του Νομού Ηρακλείου. Κεφ.2, Κεφ.3, 25-33

Χριστοφορίδου Σ. (2001). «Μελέτη φασμάτων NMR μίας και δύο διαστάσεων προτύπων πολυφαινολών. Μία πρώτη προσέγγιση προσδιορισμού πολυφαινολών στο παρθένο ελαιόλαδο». Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης. Ηράκλειο Κρήτης.

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Argeiti, G., Ehaliotis, C., Katsaris, P., Zervakis, G. and K. Papadopoulou (2001). Effect of olive mill wastes on soil-borne phytopathogenic fungi. *Phytopathologia Mediterranea* 40: 201 (abstract).
- Amanullah M.M., Sekar S., Muthukrishnan P., (2010) ‘Prospects and Potential of Poultry Manure’, *Asian Journal of Plant Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 172 –182
- Beffa T., Blanc M., Aragno M. (1996). Obligately and facultatively autotrophic, sulfur- and hydrogen-oxidizing thermophilic bacteria isolated from hot composts. *Arch Microbiol.*165: 34 – 40.
- Beffa T., Blanc M., Lyon P.-F., Vogt G., Marchiani M., Fischer Lott J., Aragno M. (1996). Isolation of *Thermus* strains from hot composts (60 to 80 °C). *Applied and Environmental Microbiology*. 62: 1723 – 1727.
- Beffa T., Blanc M., Marilley L., Lott Fischer J., Lyon P.-F., Aragno M. (1995). Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. In “The Science of Composting” (Eds: de Bertoldi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T.). Blackies Academic and Professional. Glasgow. Scotland. 1: 149 – 161.
- Bonari, E., Macchia, M., Angelini, L.G. and L. Ceccerini. (1993). The waste waters from olive oil extraction: their influence on the germinative characteristics of some cultivated and weed species. - *Agricoltura Mediterranea* 123: 273-280.
- Bonito G., Isikhuemhen O., Vilgalys R. (2010). Identification of fungi associated with municipal compost using DNA-based techniques. *Bioresource Technology* 101: 1021 – 1027.
- Brewer L. J., Sullivan D. M. (2003). Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. *Compost Science & Utilization*. 11(2): 96 – 112.
- Briante, R., Febbraio, F. and R. Nucci (2003). Antioxidant Properties of Low Molecular Weight
- Cabrera, F, Lopez, R.,Martinez-Bortiu, A, Dupuy de Lomeb, E, and J.M. Murillo (1996). Land Treatment of Olive Oil Mill Wastewater. *Internutional Biodeterioration & Biodegradation*. 215 – 225
- Capasso, R, Cristinzio, G., Evidente, A. and F. Scognamiglio (1992) Isolation spectroscopy

- and selective phytotoxic effects of polyphenols from vegetable waste water. *Phytochemistry* 31: 4215-4128.
- Chtourou, M., Ammar, E., Nasri, M. and K. Medhioud,. (2004). Isolation of a yeast, *Trichosporon cutaneum*, able to use low molecular weight phenolic compounds: application to olive mill waste water treatment. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 79, 869-878.
- D'Annibale, A, Casa, R., Pieruceti, F., Ricci, M. and R. Marabottini (2004) *Lentinula edodes* removes phenols from olive – mill wastewater: impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.). germinability. *Chemosphere* 54
- Della Creca, M., Monaco, P., Pinto, G., Pollio, A., Previtera, L. and F. Temussi (2001) Phytotoxicity of low – molecular – weight phenols from olive mill waste waters. *Bull. Environ. Toxicology* 67 (3):352-359
- Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council on the protection of groundwater against pollution and deterioration.
- Epstein, E. 1997. *The science of composting*. CRC Press. Boca Raton. Florida.
- European Commission Directorate General Environment (2010). *LIFE among the olives. Good practice in improving environmental performance in the olive oil sector*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union, printed in Belgium.
- Fiestas Ros de Ursinos J.A. & Borja Padilla R., (1992): Use and treatment of olive mill wastewater: current situation and prospects in Spain. – *Grasas y Aceites* 43: 101–106.
- Hamdi M., & Ellouz R., (1992): Bubble column fermentation of olive mill wastewaters by *Aspergillus niger*. - *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 36: 285-288.
- Kapellakis I.E., K.P. Tsagarakis, Ch. Avramaki and A.N. Angelakis (2006). Olive mill wastewater management in river basins: A case study in Greece, *Agr Water Manage* 82, 354–370.
- Knupp, G., Rucker, G., Ramos-Cormenzana, A., Garrido Hoyos, S, Neugebauer, M, and T. Ossenkop (1996). Problems of Identifying Phenolic Compounds During the Microbial Degradation of Olive Mill Wastewater. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Pp. 277-282
- Lesage – Meessen, L., Navarro, D., Maunier, S., Sigoillot, J C., Lorquin, J., Dellatre, M.,

- Simon, J L., Asther, M. and M. Labat (2001) Simple phenolic content in olive oil residues as a function of extraction systems. *Food Chemistry* 75, 501 – 507.
- M.Kemal Unal, (1994): Total polyphenols, O-diphenols and phenolic acids in olive pomace and olive vegetation wate. *Science and Techniques* , No.51, p.34-
- Miller, T.G., Jr. (1996). *Living in the Environment*. 9th ed. Wadsworth Publishing Company.
- Mekki, A., Dhouib, A. and S. Sayadi (2007) Polyphenols dynamics and phytotoxicity in a soil amended by olive mill wastewaters. *Journal of Environmental Management* 84, 134–140
- Niaounakis, M. and Halvadakis, C.P. (2004), “Olive Mill Waste Management. Literature Review and Patent Survey” Typothito-George Dardanos, Athens, Greece
- Paixao, S. M., Mendonca, E. ,Picado, A. and A. M. Anselmo (1999). Acute toxicity evaluation of Olive Mill Wastewaters: A comparative study of three aquatic organisms. *Inc. Environ. Toxicology* 14, 263-269
- Paraskeva P. and E. Diamadopoulou (2006). Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review, *J Chem Technol Biotechnol* 81, 1475–1485.
- Paredes, M. J.,Monteoliva – Sanchez, M., Moreno, E., Perez, J., Ramos – Cormenzana, A. and J. Martinez (1986) Effect of wastewaters from olive oil extraction plants on the bacterial population of soil. *Chemosphere* 15, 59-664.
- Paredes, M. J., Moreno, E., Ramos – Cormenzana, A. and J. Martinez (1987). Characteristics of soil after pollution with wastewaters from olive oil extraction plants. *Chemosphere* 16, 1557-1564.
- Rana, G., Rinaldi, M. and M. Intronà (2003). Volatilisation of substances after spreading olive oil waste water on the soil in a Mediterranean environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96, 49–58
- Ryan, D and K. Robards (1998). Phenolic compounds in olive. *Analyst*, 123, 31R-44R
- Ryckeboer J., Mergaert J., Vaes K., Klammer S., De Clercq D., Coosemans J., Insam H., Swings J. (2003). A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating process. *Annals of Microbiology*. 53(4): 349 – 410.
- Rynk R. (1992). *On – Farm Composting Handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca, NY.

- 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, 207 – 214
- 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.
- Tsimidou, M., Papadopoulos, G. and D. Boskou. (1992). Phenolic compounds and stability of virgin olive oil- Part . *Food Chemistry* 45, 141-144.
- USEPA (1993). Health Assessment Document for Hydrogen Sulfide,  
EPA/600/8-86/026F
- Visioli F., Vinceri F.F. & Galli C., (1995): ‘Waste water’ from olive oil production are rich in natural antioxidants. - *Experientia* 51: 32-34.
- Zervakis G. & Balis C., (1996): Bioremediation of olive mill wastes water through the production of fungal biomass. In: Royse D. (ed.) *Proceedings of the Second International Conference on Mushrooms Biology and Mushrooms Products*, pp. 311-323, Pennsylvania, USA.

## **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ :**

[http://whatcom.wsu.edu/ag/compost/fundamentals/needs\\_carbon\\_nitrogen.html](http://whatcom.wsu.edu/ag/compost/fundamentals/needs_carbon_nitrogen.html)

<http://www.minagric.gr/index.php/el/forfarmer/egkatastaseis/ktinotrofikesegatastaseis/280-nomothesia.html>

<http://web.extension.illinois.edu/homecompost/history.cfm>

[http://www.zookomos.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=90:2011-10-20-15-29-39&catid=51:2011-10-20-15-30-12&Itemid=58](http://www.zookomos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=90:2011-10-20-15-29-39&catid=51:2011-10-20-15-30-12&Itemid=58)

<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2008/FragkakiGeorgia/attached-document/2008fragkaki.pdf>