

ΤΕΙ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

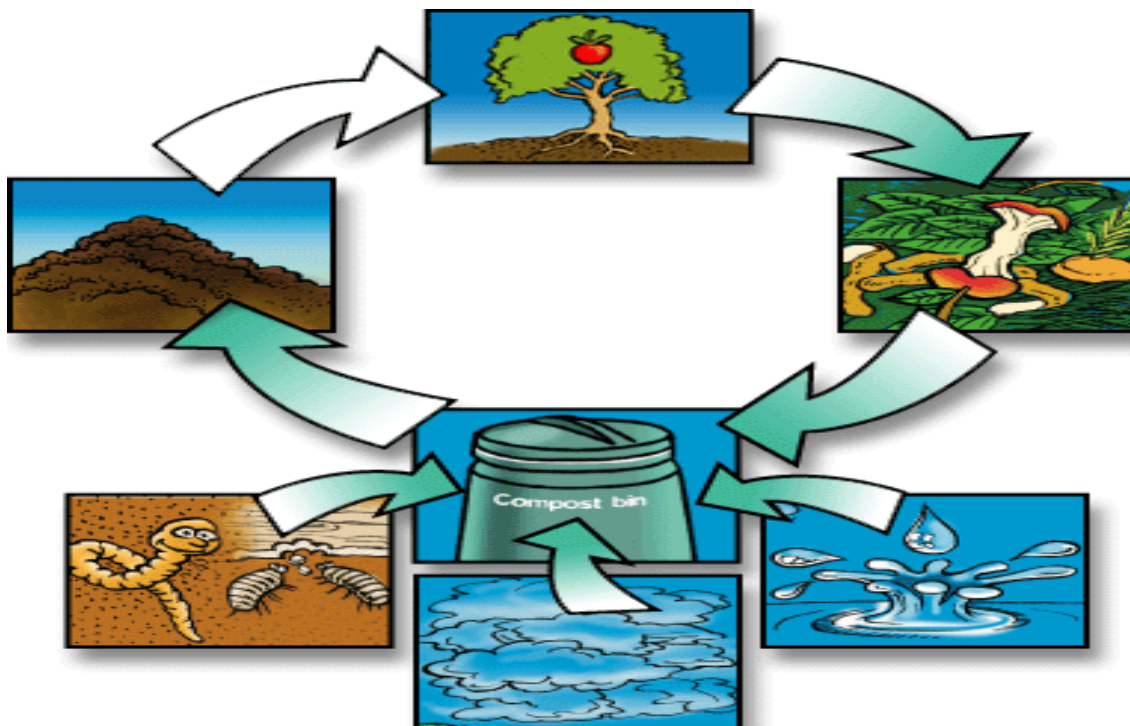
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
(ΠΡΩΗΝ ΒΙΟ.ΘΕ.Κ.Α.)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ”



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΩΣΤΟΓΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ

Καλαμάτα , Νοέμβριος, 2014

ΤΕΙ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
(ΠΡΩΗΝ ΒΙΟ.ΘΕ.Κ.Α.)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ”

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΩΣΤΟΓΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΚΟΤΣΙΦΑΚΗ ΜΑΙΡΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Καλαμάτα , Νοέμβριος, 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
----------------------	----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....
1.1 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ-ΦΑΣΕΙΣ ΖΥΜΩΣΕΙΣ.....	10
2.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	12
3.1 ΑΡΧΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ	13
4.1 ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	14
5.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	16
6.1 ΥΓΡΑΣΙΑ.....	17
7.1 ΛΟΓΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ/ ΑΖΩΤΟΥ.....	17
8.1 ΤΙΜΕΣ ΡΗ.....	20
9.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	20
9.1.1 ΑΝΟΙΚΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	20
9.1.2 ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	25
9.1.3 ΟΙΚΙΑΚΗ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	25
9.1.4 ΟΦΕΛΗ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	27
9.1.5 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	33
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
2.2 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ.....	33
2.3 ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	36
2.4 ΤΟΠΙΚΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	36
2.4.1 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ.....	37
2.4.2 ΧΩΡΟΣ ΥΠΟΔΟΧΗΣ.....	37
2.4.3 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΠΡΟΣΜΙΞΕΩΝ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΓΙΑ	
ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	38
2.4.4 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ.....	38
2.4.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΕΙΡΑΔΙΩΝ.....	39
2.4.6 ΧΩΡΟΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	39
2.4.7 ΑΝΑΔΕΥΣΗ ΣΕΙΡΑΔΙΩΝ.....	40

2.4.8 ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ.....	40
2.4.9 ΠΑΤΩΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	40
2.4.10 ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ.....	41
2.4.11 ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΒΥΘΙΖΟΜΕΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	41
2.4.12 ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	42
2.4.13 ΒΙΟΦΙΛΤΡΑ.....	43
2.4.14 ΩΡΙΜΑΝΣΗ.....	43
2.4.15 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ.....	43
2.4.16 ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΙΟΝ.....	44
2.5 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	44
2.5.1 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (ΕΜΑΚ) Α.ΛΙΟΣΙΩΝ.....	45
2.5.2 ΕΜΑΚ ΧΑΝΙΩΝ.....	47
2.5.3 COMPOST HELLAS A.E.....	48
2.6 ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	49
2.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	50
2.8 ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	50
2.8.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ DALE.....	51
2.8.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ COMPOST TABLER (ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΣ ΑΝΑΔΕΥΟΜΕΝΟΣ ΚΑΔΟΣ.....	54
2.8.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ Rolling or Rotating Orb composter (κυλιόμενος αντιδραστήρας)	55
2.8.4 ΞΥΛΙΝΟΙ/ΣΥΡΜΑΤΙΝΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ Wooden /wine Mesh composter.....	56
2.8.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ computerized indoor composter.....	58
2.8.6 worm bins.....	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	60
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	60
3.2 ΠΡΙΟΝΙΔΙ, ΡΟΚΑΝΙΔΙ.....	60
3.3 ΖΕΟΛΙΘΟΣ.....	60
3.4 ΚΛΙΝΟΠΤΙΛΟΛΙΘΟΣ.....	62
3.5 ΒΕΡΜΙΚΟΥΛΙΤΗΣ.....	62

3.6 ΠΕΡΛΙΤΗΣ.....	64
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	74

Ευχαριστώ την καθηγήτρια μου κ. Κοτσιφάκη Μαίρη για την πολύτιμη βοήθεια της και την άψογη συνεργασία σε όλη την διάρκεια φοίτησης μου καθώς και στη πτυχιακή μου εργασία.

Εισαγωγή

Ο όρος κομποστοποίηση (composting) αναφέρεται στη βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών υπό ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού). Το τελικό προϊόν είναι σταθεροποιημένο και μπορεί να διατεθεί, χωρίς να έχει ανεπιθύμητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις[3]. Η φράση « ελεγχόμενες συνθήκες » είναι ίσως η πιο σημαντική από τις φράσεις - κλειδιά, καθότι διαφοροποιεί τη κομποστοποίηση από τη βιολογική αποδόμηση που λαμβάνει χώρα στη φύση και είναι υπεύθυνη για την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. [9], Οι Mayas, ένας λαός, ο οποίος κατοικούσε στην κεντρική Αμερική και μάλιστα σε δασώδεις εκτάσεις, τρεφόταν κυρίως με καλαμπόκι. Για να αυξήσουν την παραγωγή τους κατέληξαν στα να εναποθέτουν τα προϊόντα καύσης των απορριμμάτων τους στα εδάφη τα οποία καλλιεργούσαν. Οι Κινέζοι για περισσότερο από 50 αιώνες αναφέρεται ότι χρησιμοποιούσαν τον ίδιο τρόπο διαχείρισης των απορριμμάτων/αποβλήτων τους. Αναφέρεται ότι τα απορρίμματα τους τα χρησιμοποιούσαν μετά από κάποιου είδους σταθεροποίηση στη γεωργία με σκοπό την αύξηση της γονιμότητας τους. Έτσι γίνεται η πρώτη αναφορά για την παραγωγή ενός εδαφοβελτιωτικού προϊόντος που το ονόμασαν «humus». Του έδωσαν αυτό το όνομα γιατί τους έδινε την αίσθηση και τη μυρωδιά του χώματος. Άλλωστε «humus» σημαίνει χώμα. Η κομποστοποίηση αναμφισβήτητα ως μια γενικότερη έννοια εφαρμοζόταν στους αρχαίους χρόνους. Οι Ισραηλίτες, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν οργανικά απορρίμματα για την παραγωγή φυσικού λιπάσματος. Οι μεταγενέστεροι πολιτισμοί Ν. Αμερικής, Κίνας, Ιαπωνίας και Ινδιών εφαρμόζαν την κομποστοποίηση εντατικά στην γεωργία χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα για την παραγωγή του εδαφοβελτιωτικού απορρίμματα ζώων και ανθρώπων. Πολλά από αυτά τα οργανικά απορρίμματα τοποθετούνταν σε γραμμικούς σωρούς μέχρι να σταθεροποιηθούν και να δώσουν το τελικό προϊόν που δεν είναι άλλο από το κόμποστ. Έτσι γίνεται και η πρώτη αναφορά στα συστήματα κομποστοποίησης. Έρευνα για την κομποστοποίηση στις Ηνωμένες Πολιτείες εμφανίζεται να έχει αρχίσει το 1843. Την χρονιά εκείνη ο George Bommer προτείνει μια μέθοδο διαχείρισης των αγροτικών απορριμμάτων (κοπριάς). Η μέθοδος η οποία ονομάζεται «Bommer Method of Making Manure», έχει ως χαρακτηριστικό της την τοποθέτηση των απορριμμάτων αυτών σε δικτυωμένες σχάρες έτσι ώστε το

παραγόμενο στράγγισμα να πέφτει προς τα κάτω, να συλλέγεται και στη συνέχεια να ανακυκλώνεται, εξοικονομώντας σημαντικές ποσότητες νερού. Η πρώτη όμως επίσημη αναφορά για την κομποστοποίηση στη Αμερικανική ήπειρο γίνεται το 1888 στο περιοδικό Bulletin No 61, απ' το Σταθμό Γεωργικών Πειραμάτων της Β Καρολίνας και το οποίο εκδόθηκε τον Δεκέμβριο της ίδιας χρονιάς. Η μελέτη είχε τίτλο «XI. Compost-Formulas, Analyses and Value». Πολλά χρόνια αργότερα στις Ινδίες και συγκεκριμένα το 1925, γίνεται η πρώτη σημαντική ανακάλυψη από τον Sir Albert Howard. Ο Sir Albert Howard ανέπτυξε την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης των απορριμμάτων και των υγρών αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή ήταν μέχρι τότε γνωστή ως Indore Process . Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή χρειάζονται έξι μήνες τουλάχιστον για να πάρουμε ένα καλό εδαφοβελτιωτικό - κόμποστ. Στη συνέχεια η μέθοδος μετατρέπεται σε αερόβια διεργασία και πήρε το όνομα Bangalore Process η οποία χρησιμοποιείται στις Ινδίες ακόμα και σήμερα. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή γίνεται εκμετάλλευση των αστικών απορριμμάτων και των λυμάτων. Από το 1922 και μετά άρχισαν να εμφανίζονται και στη Ευρώπη διάφορες μέθοδοι κομποστοποίησης. Η πιο γνωστή από όλες ήταν η μέθοδος Baccari, σύμφωνα με την οποία η αποσύνθεση της οργανικής ύλης μπορούσε να γίνει σε ένα κλειστό σύστημα χρησιμοποιώντας αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες. Η πρώτη πλήρους κλίμακα κομποστοποίησης στην Ευρώπη γίνεται το 1932 από μια Ολλανδική εταιρία την N.V. Vuilafnoer Moatscharij (VAM). Το σύστημα γνωστό και ως Van Maanen ήταν ουσιαστικά μια παραλλαγή της διεργασίας Indore. Σύμφωνα με τη μέθοδο VAM τα απορρίμματα βιοαποδομούνται σε γραμμικούς σωρούς στους οποίους η ανάδευση γινόταν με εναέριους γερανούς. Το 1933 εμφανίζεται μια νέα διεργασία κομποστοποίησης, γνωστή μέχρι σήμερα με το όνομα DANO. Οι αντιδραστήρες DANO είναι αερόβιοι, έχοντας ένα οριζόντιο άξονα ο οποίος περιστρέφεται σιγά - σιγά και προσδίδει αέρα. Μετά από έρευνες οι αντιδραστήρες DANO πήραν την τελική τους μορφή. Κράτησαν το κυλινδρικό σχήμα το οποίο είχαν από την αρχή, αλλά το μήκος τους αυξήθηκε σε 30m και η διάμετρος σε 4,5m. Οι αντιδραστήρες αυτοί έχουν την ικανότητα να επεξεργάζονται μέχρι και 150 τόνους/ημέρα απορρίμματα. Αντιδραστήρες DANO χρησιμοποιούνται και σήμερα. Στο χώρο υγειονομικής ταφής στη χωματερή των Άνω Λιοσίων ξεκίνησε την εγκατάσταση του το εργοστάσιο μηχανικής ανακύκλωσης των απορριμμάτων του Νομού Αττικής. Στο εργοστάσιο αυτό έχουν τοποθετηθεί τρεις DANO αντιδραστήρες διαμέτρου 3,5 μέτρων και μήκους 50 μέτρων (περίπου) με δυνατότητα να επεξεργάζονται μέχρι και 1200 τόνους απορριμμάτων και λάσπης την ημέρα. Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η κομποστοποίηση άρχισε να

αναπτύσσεται πολύ στη Γηραιά Ήπειρο ενώ στην Αμερική για κάποιους λόγους σταμάτησε[5]. Από τα κυριότερα συστήματα κομποστοποίησης τα οποία καταγράφηκαν μέχρι το 1970 στο πίνακα 1 αναφέρονται τα πιο σημαντικά.

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

πίνακας 1. Συστήματα κομποστοποίησης

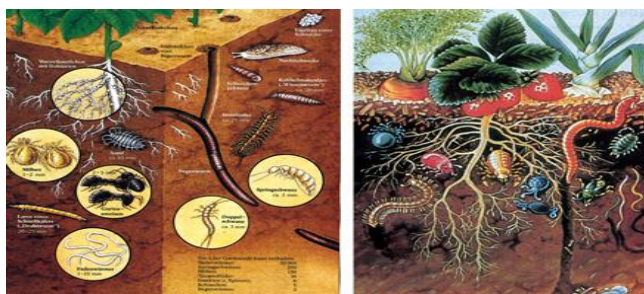
Τη δεκαετία του 1960 δύο Διδάκτορες του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας οι Gottas και Goulke άρχισαν να αναπτύσσουν τη διεργασία του Composting. Την ίδια περίοδο η Επιτροπή Δημόσιας Υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών άρχισε δύο σημαντικές έρευνες για την κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων με βιοστερεά. Η μία έρευνα έγινε στην Florida η άλλη στο Tennessee. Η εφαρμογή του κόμποστ σε καλλιεργήσιμα εδάφη έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα, αυξάνοντας σε ικανοποιητικό επίπεδο την παραγωγή.[5]

Το 1975 το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών αναπτύσσει την μέθοδο αεριζόμενων στατικών σωρών για την κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Το 1976 το Rutgers University New Jersey αναπτύσσει μέθοδο για την κομποστοποίηση των βιοστερεών η οποία είναι γνωστή μέχρι σήμερα ως Rutgers Strategy Rutgers Methods. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται αντιδραστήρας κάθετης ή οριζόντιας ροής. Στο κέντρο του αντιδραστήρα αναπτύσσεται θερμοκρασία που φθάνει τους 65°C, ενώ η υγρασία του συστήματος δεν ξεπερνά το 60%. Υπάρχει μηχανική ανάδευση και αερισμός. Ο χρόνος παραμονής στον αντιδραστήρα κυμαίνεται μεταξύ 15 - 21 μέρες. Στη συνέχεια το μη ώριμο κόμποστ οδηγείται σε μη γραμμικούς σωρούς για ωρίμανση ή τοποθετείται σε σακούλες. Το τελικό προϊόν είναι έτοιμο για διάθεση μέσα σε 120 ημέρες. Είναι λοιπόν γνωστό ότι η διαχείριση των απορριμμάτων και των ιλύων, καθώς και η υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών από τη συνεχή χρήση των φυτοφαρμάκων και των χημικών λιπασμάτων είναι ορισμένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες. Η υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών οφείλεται στη συνεχή ελάττωση της οργανικής ουσίας τους και αποδίδεται στο ότι η φυσική κάλυψη των εδαφών αντικαταστάθηκε από καλλιέργειες που τις περισσότερες φορές είναι μονοκαλλιέργειες με σύντομους κύκλους. Η σύγχρονη γεωργία με τα μέσα που διαθέτει, βελτιώνει προσωρινά τη δομή των εδαφών αυξάνοντας την παραγωγικότητα. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα την γήρανση των εδαφών και κατ' επέκταση την υποβάθμισή τους. Η ανακύκλωση όμως τόσο του οργανικού κλάσματος που βρίσκονται στα απορρίμματα όσο και της ιλύος (λάσπη) μπορεί να προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, δεδομένου ότι τα βιοαποδομήσιμα συστατικά τους αντί να επιβαρύνουν το περιβάλλον θα δώσουν, έπειτα από αερόβια επεξεργασία οργανοχουμικά υλικά που θα βελτιώσουν τη δομή των υποβαθμισμένων αγροτικών εδαφών. [6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

1.1 Μικροοργανισμοί κομποστοποίησης - Φάσεις ζύμωσης



Εικόνα 1 μικροοργανισμοί κομποστοποίησης

Η ζύμωση των οικιακών απορριμμάτων αποβλέπει κυρίως στην απόκτηση μιας υψηλής θερμοκρασίας για την απαλλαγή του παραγόμενου κόμποστ από βλαβερούς μικροοργανισμούς και γίνεται στις παρακάτω τέσσερις φάσεις:

I. Λανθάνουσα φάση

Αντιστοιχεί στο χρόνο που χρειάζεται για να γίνουν οι αποικίες των μικροοργανισμών στο καινούριο μέσο που δημιουργήθηκε γι' αυτούς.

II. Φάση της αυξήσεως

Κατά την οποία ανεβαίνει η θερμοκρασία, η οποία εξελίσσεται πιο γρήγορα, όταν ο αέρας και η υγρασία πλησιάζουν την επιθυμητή περιεκτικότητα. Αναπτύσσονται τα μεσόφιλα μικρόβια που προκαλούν την έναρξη της ζύμωσης. Στους 40°C - 45°C τα μεσόφιλα μικρόβια πεθαίνουν.

III. Θερμόφιλη Φάση

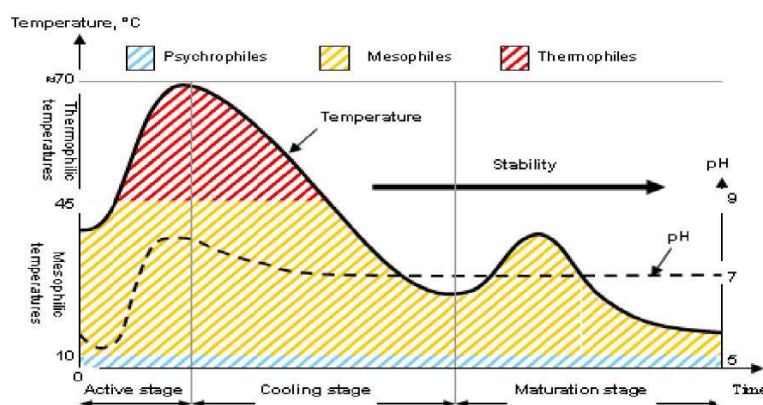
Αντιστοιχεί στην περίοδο ενέργειας ενός άλλου μικροβιακού κύματος, που αντικαθιστά το προηγούμενο και συνεχίζει το έργο της αποδόμησης και ανύψωσης της θερμοκρασίας. Στους 60°C - 70°C τα θερμόφιλα βακτήρια πεθαίνουν καθώς και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα διάφορα παράσιτα. Η φάση αυτή πρέπει να

σταματήσει εγκαίρως για να μην ελαχιστοποιηθεί το περιεχόμενο του κόμποστ σε οργανικές ουσίες.

IV. Φάση ωριμάνσεως

Με τη φάση αυτή τελειώνει η διαδικασία. Τα δυο μικροβιακά κύματα (μεσόφιλα, θερμόφιλα) κατανάλωσαν το οξυγόνο και έκαναν προοδευτικά το μέσο αναερόβιο. Η φάση αυτή γεννά πτητικές ουσίες με δυσάρεστη οσμή (NH_3 , H_2S , διάφορα οργανικά προϊόντα). Για την αποφυγή του δυσάρεστου αυτού φαινομένου πρέπει να αποκαθίσταται η αερόβιος λειτουργία μέσω της ανάδευσης του σωρού.

Θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το μικροβιακό κύμα αποτελείται από βακτήρια, ακτινομύκητες και μύκητες. Στην αρχή σε συνήθη θερμοκρασία, το προϊόν είναι ελαφρά όξινο και προσφέρεται για δραστηριοποίηση των μεσόφιλων οργανισμών που ευνοούνται σε θερμοκρασίες $25^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$ και όξινο περιβάλλον. Με την άνοδο της θερμοκρασίας οι θερμόφιλοι μικροοργανισμοί αρχίζουν να αντικαθιστούν τους μεσόφιλους και σιγά σιγά το προϊόν γίνεται αλκαλικό με παραγωγή μικρών ποσοτήτων αμμωνίας. Στη φάση αυτή συνήθως χρειάζεται προσθήκη C και N και άλλων θρεπτικών στοιχείων για την εξέλιξη της ζύμωσης. Σε αυτή τη φάση της ζύμωσης διασπώνται ουσιαστικά οι πρωτεΐνες και τα κυτταρινούχα προϊόντα. Σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 60°C η θερμόφιλη καλλιέργεια καταστρέφεται και αντικαθίσταται από σποροβακτήρια και ακτινομύκητες. Με προσφορά οξυγόνου η θερμοκρασία μπορεί να ανέλθει στους 75°C , ακολούθως όμως σταδιακά μειώνεται στους 60°C , οπότε αρχίζει πάλι η δραστηριότητα των θερμόφιλων καλλιεργειών με συνεχή μείωση του pH, που πάντοτε όμως διατηρείται ελαφρά αλκαλικό. Η περίοδος μείωσης της θερμοκρασίας οδηγεί σε ωρίμανση του προϊόντος, που απαιτεί αρκετό χρόνο.[5]



Εικόνα 2 Αναλογία θερμοκρασίας με το χρόνο

1.2 Παράμετροι κομποστοποίησης

Λόγω του γεγονότος ότι η ανάπτυξη της μεθόδου στηρίζεται στην παρουσία κατάλληλων πληθυσμών μικροοργανισμών, οι παράμετροι που επηρεάζουν την ανάπτυξη και δραστηριότητά τους είναι αυτές που καθορίζουν τόσο το ρυθμό και την έκταση της διεργασίας όσο και την ποιότητα του παραγόμενου τελικού σταθεροποιημένου οργανικού προϊόντος (compost).[3] Οι πιο σημαντικοί από αυτούς τους παράγοντες που απεικονίζονται και παρακάτω είναι οι εξής:

1. Η αρχική σύσταση του προς κομποστοποίηση οργανικού κλάσματος
2. Ο αερισμός της μάζας
3. Η θερμοκρασία
4. Η υγρασία
5. Ο λόγος C/N
6. Οι τιμές pH

1.3 Αρχική σύσταση του οργανικού κλάσματος

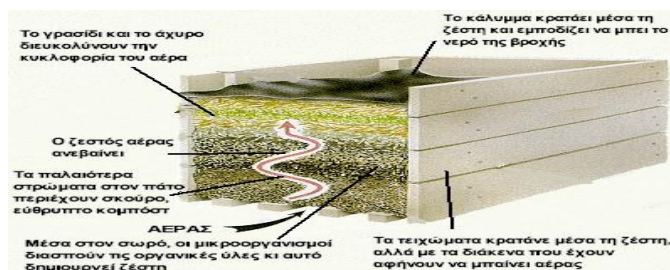
Η σωστή προετοιμασία του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων προς κομποστοποίηση αποτελεί τη βασικότερη παράμετρο για την επιτυχία των διεργασιών. Ο σωρός χρειάζεται την κατάλληλη αναλογία από υλικά πλούσια σε άνθρακα (π.χ. ξερά φύλλα, κομμάτια ξύλου) και υλικά πλούσια σε άζωτο (π.χ. κομμένα χόρτα, φυτικά υπολείμματα από την κουζίνα). Αναμιγνύοντας διάφορα είδη υλικών ή αλλάζοντας τις αναλογίες μπορεί να αλλάξει η ταχύτητα της αποσύνθεσης. Η επίτευξη ιδανικού μίγματος είναι περισσότερο θέμα εμπειρίας παρά επιστημονικής ακρίβειας. Η ιδανική αναλογία είναι περίπου 3 μέρη υλικών πλούσια σε άνθρακα προς 1 μέρος πλούσιο σε άζωτο. Υπερβολική ποσότητα άνθρακα επιβραδύνει την αποσύνθεση ενώ τα πολλά αζωτούχα μπορεί να προκαλέσουν δυσάρεστες οσμές. Ο άνθρακας προμηθεύει τους μικροοργανισμούς με ενέργεια και το άζωτο με πρωτεΐνες. Η οργανική μάζα που προορίζεται για κομποστοποίηση συνίσταται από στερεά ουσία, νερό και αέρια (οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα), σε σχετική σταθερή κατανομή. Η σταθερότητα της κατανομής των διάφορων συστατικών είναι πολύ σημαντική για την εξέλιξη της διεργασίας και την ποιότητα του προϊόντος. Αν η

διεργασία εξελίσσεται ομαλά, οι παράμετροι αυτές διαφοροποιούνται σε μικρό εύρος τιμών.

Άλλη παράμετρος που επηρεάζει την κομποστοποίηση είναι το μέγεθος των κόκκων του υλικού. Ο λόγος επιφάνεια/όγκο των κόκκων έχει άμεση επίδραση στον τρόπο και το ρυθμό της μικροβιακής μετατροπής του οργανικού κλάσματος σε κόμποστ. Η μείωση του μεγέθους των κόκκων του υλικού έχει ως αποτέλεσμα αυτό να αποτελεί καλύτερο και πιο ομοιογενές υπόστρωμα για την μικροβιακή δράση. Μια ορισμένη κοκκομετρική σύσταση του υλικού από τεμαχίδια με διάμετρο λίγων χιλιοστών μέχρι και πέντε εκατοστών περίπου θεωρείται ικανοποιητική.

Επίσης σημαντικές είναι οι τιμές της περιεχόμενης υγρασίας και του οξυγόνου που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη της μικροβιακής δράσης. Όταν το σχετικό ποσοστό τους είναι χαμηλότερο από μία κρίσιμη τιμή, τότε ο μικροβιακός μεταβολισμός επιβραδύνεται ή αναστέλλεται, με αποτέλεσμα την αντίστοιχη επιβράδυνση ή διακοπή της διεργασίας της κομποστοποίησης.[5]

1.4 Αερισμός του οργανικού υλικού



Εικόνα 3 αερισμός οργανικού υλικού

Ο αερισμός της μάζας του προς κομποστοποίηση υλικού απαιτείται για τρεις βασικούς λόγους:

- 1) παρέχει στο υλικό το απαραίτητο οξυγόνο για την ανάπτυξη των βιοχημικών δράσεων διάσπασης και σταθεροποίησης των οργανικών συστατικών. βοηθά στην απομάκρυνση της περίσσειας υγρασίας από υγρά οργανικά υποστρώματα και επομένως στη ρύθμιση της υγρασίας του υλικού στα επιθυμητά επίπεδα.
- 2) βοηθά στην απομάκρυνση της θερμότητας που παράγεται κατά τις δράσεις βιοαποδόμησης των οργανικών συστατικών και επομένως στον έλεγχο της θερμοκρασίας της διεργασίας.

Ο αέρας που περιέχεται στα διάκενα μεταξύ των κόκκων του υλικού κατά την έναρξη των μικροβιακών δράσεων ποικίλει σε σύσταση, ενώ σταδιακά αυξάνεται το διοξείδιο του άνθρακα και ελαττώνεται το οξυγόνο. Το μέσο περιεχόμενο CO₂ και O₂ μέσα στη μάζα είναι περίπου 20%. Το οξυγόνο κυμαίνεται μεταξύ 15% - 20% και το διοξείδιο του άνθρακα μεταξύ 0,5% - 5%. Όταν η περιεκτικότητα σε οξυγόνο ελαττώνεται κάτω από αυτές τις τιμές, προκύπτουν αναερόβιες συνθήκες. Είναι λοιπόν απαραίτητο για τους μικροοργανισμούς να έχουν σταθερή παροχή φρέσκου αέρα για να διατηρούνται αναλλοίωτες οι μεταβολικές τους δραστηριότητες.

Στην κομποστοποίηση, το οξυγόνο δεν είναι απαραίτητο μόνο για τον αερόβιο μεταβολισμό και αναπνοή των μικροοργανισμών, αλλά και για την οξειδωση των διαφόρων οργανικών μορίων που περιέχονται στη μάζα του υλικού. Η στοιχειομετρική απαίτηση αερισμού εξαρτάται από τη χημική σύσταση των οργανικών υλικών.

Η παρουσία της απαραίτητης ποσότητας οξυγόνου μέσα στο σωρό είναι εξάρτηση μιας σειράς παραγόντων όπως το μέγεθος των οργανικών απορριμμάτων (αναφέρθηκε προηγουμένως), η ανάδευση (αναποδογύρισμα) του σωρού ανά τακτά διαστήματα, η προσθήκη υλικών(π.χ. ροκανίδι, πριονίδι) στο σωρό που θα απορροφούν υγρασία και θα δίνουν τη δυνατότητα στους πόρους να «αναπνέουν»καθώς επίσης και η θερμοκρασία όπως θα αναλυθεί παρακάτω.

Η κατανάλωση του οξυγόνου κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης είναι ευθέως ανάλογη με την αναπτυσσόμενη μικροβιακή δραστηριότητα. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η ύπαρξη άμεσης σχέσης μεταξύ κατανάλωσης οξυγόνου και θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία που προάγει τη μικροβιακή δραστηριότητα κυμαίνεται μεταξύ 28⁰C - 55⁰C, συνδυαζόμενη με τη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου. Έτσι, ο αερισμός επιβάλλεται και για την απομάκρυνση της θερμότητας που παράγεται από τη βιοδιάσπαση των οργανικών και επομένως για τον έλεγχο της θερμοκρασίας της διεργασίας.

Η περιεκτικότητα υγρασίας και ο αερισμός του υλικού συσχετίζονται στενά. Όταν ο αέρας εκτοπίζεται από νερό μέσα στους πόρους του υλικού, ευνοείται η δημιουργία συσσωματωμάτων και μειώνεται η δομική σταθερότητα του υλικού. Για το λόγο αυτό, ο αερισμός απαιτείται και για την απομάκρυνση της υγρασίας, ιδιαίτερα στην περίπτωση υγρών οργανικών υποστρωμάτων (π.χ. ιλύος). Καθώς ο αέρας θερμαίνεται από το υλικό, απορροφά υγρασία και κατά συνέπεια ξηραίνει το υλικό.

Είναι σαφές ότι το σύστημα αερισμού αποτελεί ένα κρίσιμο στοιχείο σε όλα τα σύγχρονα συστήματα κομποστοποίησης. Η δυνατότητα ελέγχου του αερισμού είναι η παράμετρος-κλειδί για την επιτυχή εξέλιξη και έλεγχο της διεργασίας. Όταν η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στη ζυμούμενη μάζα πέσει κάτω του 5% περίπου, τότε αρχίζουν να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες που επιβραδύνουν τη ζύμωση και προκαλούν την παραγωγή δύσοσμων αερίων. Η οξυγόνωση των απορριμμάτων γίνεται, είτε με ρεύμα αέρα (κλίβανοι χωνεύσεως), είτε με γύρισμα των σωρών, ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τον προγραμματισμένο χρόνο κομποστοποίησης (κάθε 2-3 ημέρες ή περισσότερο).[5]

1.5 Θερμοκρασία

Συχνά, θεωρείται ότι η υψηλή θερμοκρασία αποτελεί απαιτούμενη συνθήκη για την επιτυχή ανάπτυξη της μεθόδου της κομποστοποίησης. Οι υψηλές θερμοκρασίες προκύπτουν από τη βιολογική δραστηριότητα. Η θερμότητα που απελευθερώνεται λόγω της δράσης των μικροοργανισμών που διασπούν την οργανική ύλη σταδιακά αυξάνεται μέσα στη μάζα. Πολύ υψηλές θερμοκρασίες όμως αποτρέπουν την ανάπτυξη των περισσότερων μικροοργανισμών και ως εκ τούτου οδηγούν σε επιβράδυνση της βιοαποδόμησης της οργανικής ύλης. Μόνο λίγα είδη θερμοφιλικών σπορογενών βακτηρίων έχουν μεταβολική δραστηριότητα σε θερμοκρασίες πάνω από 70°C (*Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium sp.*) καθώς και λίγα άλλα βακτήρια όπως το αερόβιο γένος *Thermus*. Για την επίτευξη κομποστοποίησης, θα πρέπει να αποφεύγονται υψηλές θερμοκρασίες για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ωστόσο μία αρχική θερμοφιλική φάση είναι χρήσιμη και απαραίτητη για τον περιορισμό και τη θανάτωση ευαίσθητων στη θερμοκρασία παθογόνων μικροοργανισμών. Μια θερμοκρασία γύρω στους 55°C - 65°C είναι επιθυμητή για ένα χρονικό διάστημα επειδή οδηγεί σε μερική αποστείρωση του υλικού. Σε αυτή την θερμοκρασιακή περιοχή καταστρέφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που ενδεχομένως υπάρχουν στα υλικά. Κατά την εξέλιξη της διεργασίας η βέλτιστη θερμοκρασία κομποστοποίησης στη μεσόφιλη περιοχή κυμαίνεται ανάμεσα στους 35°C - 45°C ενώ αν πέσει κάτω από 20°C η αποδόμηση επιβραδύνεται. Η παρακολούθηση της θερμοκρασίας πρέπει να είναι συνεχής και ενδείκνυται η χρήση διάταξης συνεχούς ελέγχου της θερμοκρασίας με ανιχνευτές. Καθορίζεται έτσι μία ανώτερη τιμή θερμοκρασίας, σύμφωνα με την οποία ρυθμίζεται η διάρκεια του αερισμού, ώστε να επιτυγχάνεται η απαγωγή θερμότητας που οφείλεται στη βιολογική δραστηριότητα.[4]



Εικόνα 4 θερμόμετρο

1.6 Υγρασία

Η περιεχόμενη υγρασία και ο ρυθμός αερισμού του προς κομποστοποίηση υλικού συσχετίζονται στενά. Όταν ο αέρας εκτοπίζεται από νερό μέσα στους πόρους του υλικού ευνοείται η δημιουργία συσσωματωμάτων και μειώνεται η δομική σταθερότητα του υλικού. Αυτό παρατηρείται συνήθως για περιεχόμενη υγρασία πάνω από 65 %.

Η βέλτιστη υγρασία κατά την κομποστοποίηση ποικίλει και εξαρτάται από τη φύση και το μέγεθος των κόκκων του υλικού καθώς και από τη μέθοδο κομποστοποίησης που εφαρμόζεται. Συνήθως το ποσοστό υγρασίας θα πρέπει να κυμαίνεται από 40% - 65%. Χαμηλές τιμές περιεχόμενης υγρασίας είναι ενδεικτικές της πρόωρης αφυδάτωσης του υλικού, γεγονός που επιβραδύνει τη βιολογική διεργασία. Αντίθετα, αυξημένη υγρασία παρεμποδίζει τον αποτελεσματικό αερισμό, φράσσοντας τους πόρους του υλικού, με αποτέλεσμα την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών.[4]

1.7 Λόγος άνθρακα /άζωτο (C/N)

Η σχέση C/N επηρεάζει αποφασιστικά την ταχύτητα της βιολογικής αποδόμησης του υλικού γιατί από τη διαθέσιμη ποσότητα του βασικού στοιχείου N στους μικροοργανισμούς, εξαρτάται η ταχύτητα της αποδόμησης των οργανικών ενώσεων του C για τον προσδιορισμό από αυτούς της απαιτούμενης ποσότητας C και ενέργειας. Με βάση την περιεκτικότητα του μικροβιακού κυττάρου σε C και N και το δεδομένο ότι μόνο το 1/3 του μεταβολιζόμενου C χρησιμοποιείται από τους μικροοργανισμούς το δε άλλο αποβάλλεται κυρίως ως CO₂. Η άριστη σχέση C/N στο ζυμούμενο υλικό υπολογίζεται γύρω στο 25:1. Ωστόσο, τα απορρίμματα (ιδίως με πολύ χαρτί) έχουν δυσμενή λόγο θρεπτικών υλικών (C/N μέχρι 60:1), που μπορεί όμως να βελτιωθεί με την προσθήκη αζωτούχων ενώσεων (π.χ. λάσπη λυμάτων με C/N 12:1).

Έχει παρατηρηθεί ότι αρχικές χαμηλές τιμές του λόγου C/N (με τιμές μικρότερες από 10) έχουν ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της βιοαποδόμησης και την αύξηση των απωλειών αζώτου (μέσω απαερίωσης αμμωνίας, ειδικά υπό συνθήκες υψηλών τιμών pH και θερμοκρασίας). Αντίθετα, αν οι αρχικές τιμές του λόγου C/N είναι ιδιαίτερα υψηλές (μεγαλύτερες από 35), τότε απαιτούνται πολλοί βιοχημικοί κύκλοι (οι μικροοργανισμοί οξειδώνουν κάθε φορά την περίσσεια του άνθρακα), έως ότου επιτευχθεί ικανοποιητικός λόγος C/N. Η εμπειρία έχει δείξει ότι η βέλτιστη τιμή του λόγου C/N κυμαίνεται περίπου στο 25. Υψηλότερες τιμές επιβραδύνουν την βιοαποδόμηση, ενώ χαμηλότερες οδηγούν σε απώλειες θρεπτικού αζώτου. Ο παρακάτω πίνακας (2) δίνει πληροφορίες για το λόγο C/N διαφόρων υλικών κομποστοποίησης.[5]

ΥΛΙΚΟ	ΛΟΓΟΣ C/N
Πριονίδι	200 – 750
Φύλλα από δέντρα	40-80
Ξερό γκαζόν	20
Φρέσκο γκαζόν	15
Φρέσκα υπολείμματα κήπου	20
Υπολείμματα λαχανικών	12
Απορρίμματα κουζίνας	15
Χαρτόνι-Εφημερίδες	560
Ούρα ζώων (αγελάδες, πρόβατα)	0,8
Αίμα ζώων σε σκόνη	3
Μαύρος χούμος	10
Κοπριά (αγελάδες, πρόβατα) χωνεμένη 8 μηνών	10
Κοπριά χωνεμένη χωρίς χώμα 4 μηνών	15
Κομένη χλόη (γκαζόν)	12
Διάφορα πράσινα μέρη φυτών	7
Άχυρο οσπρίων	15
Ψυχανθές άλφα-άλφα	16-20
Οικιακά υπολείμματα	20
Υπολείμματα φυτού πατάτας	25
Φύλλα πεύκων	30
Φρέσκια κοπριά αγελάδων με πολλά άχυρα	30
Φρέσκια κοπριά αγελάδων με λίγα άχυρα	20
Φύλλα σπρωφόρων δένδρων	50
Ανοιχτόχρωμη τύρφη	50
Άχυρα βρώμης	50
Άχυρα σίκαλης	65
Άχυρα σιταριού	125
Άχυρα δημητριακών (γενικά)	50-150
Φρέσκο πριονίδι	208
Χωνεμένο πριονίδι	511

Εικόνα 48 Χυτήρια με περλίτη

Πίνακας 2. πληροφορίες για το λόγο C/N

1.8 Τιμές pH



Εικόνα 5 πεχάμετρο

Σε γενικές γραμμές, μπορεί να υποστεί κομποστοποίηση, οργανική ύλη με μεγάλο εύρος τιμών pH. Όμως οι βέλτιστες τιμές pH κυμαίνονται από 5,5 - 8,5. Τα βακτήρια συνήθως αναπτύσσονται σε σχεδόν ουδέτερο pH, ενώ οι μύκητες αναπτύσσονται ευνοϊκότερα σε ελαφρά όξινο περιβάλλον.

Γενικά, η τιμή του pH αρχίζει να μειώνεται με την έναρξη της κομποστοποίησης, ως αποτέλεσμα της δραστηριότητας οξυγενών βακτηρίων τα οποία διασπούν το σύνθετο οργανικό υλικό σε παράγωγα οργανικών οξέων, ενώ στη συνέχεια οδηγείται σταδιακά προς σταθερές τιμές.[3]

1.9 Εγκαταστάσεις και συστήματα κομποστοποίησης

Η ταξινόμηση των συστημάτων κομποστοποίησης γίνεται με βάση διάφορα κριτήρια. Η πιο βασική διάκριση μεταξύ των συστημάτων κομποστοποίησης είναι το αν το υλικό περιέχεται σε έναν αντιδραστήρα ή όχι. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν αντιδραστήρα είναι τα κλειστά συστήματα, ενώ αυτά που δεν χρησιμοποιούν είναι τα ανοιχτά συστήματα. Υπάρχουν και τα μικτά συστήματα στα οποία γίνεται συνδυασμός των ανοιχτών και κλειστών συστημάτων[3]

Μια ταξινόμηση είναι η παρακάτω:

1. Ανοιχτά συστήματα (Open systems).
2. Κλειστά συστήματα (Reactor or enclosed systems or container composting, or mechanical systems).
3. Μικτά συστήματα (Συνδυασμός ανοιχτών και κλειστών συστημάτων).

1.9.1 Ανοιχτά συστήματα κομποστοποίησης

I. Γενικά χαρακτηριστικά

Στα ανοιχτά συστήματα, η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε ανοιχτούς χώρους, χωρίς την χρήση σοβαρού μηχανολογικού εξοπλισμού. Στα ανοιχτά συστήματα συγκαταλέγονται τα σειράδια και οι σταθεροί αεριζόμενοι σωροί. Οι βασικοί μηχανισμοί που ακολουθούνται και στα δύο συστήματα είναι παρόμοιοι, ο εξοπλισμός όμως που χρησιμοποιείται διαφέρει σημαντικά. Στην περίπτωση των σειραδίων το οξυγόνο εισέρχεται στη μάζα του υλικού με φυσικό αερισμό κατά το γύρισμά τους, ενώ στην περίπτωση των σταθερών σωρών γίνεται εμφύσηση ή αναρρόφηση αέρα με μηχανικούς αεριστήρες ή φουσητήρες.[5]

II. Σειράδια

Στην μέθοδο αυτή το μίγμα προς κομποστοποίηση σωριάζεται σε μακριές παράλληλες γραμμές, τα σειράδια. Τα σειράδια απλώνονται σε ανοιχτό χώρο και μόνο σε περιοχές με υψηλή βροχόπτωση τα σειράδια καλύπτονται από κάποιο στέγαστρο.

Η κομποστοποίηση με την μέθοδο αυτή βασίζεται στον φυσικό αερισμό των σειραδίων, ο οποίος επιτυγχάνεται με συχνή αναμόχλευση του σωρού. Σε μικρές εγκαταστάσεις, η αναμόχλευση γίνεται με τα χέρια ή με τρακτέρ ενώ σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ειδικά οχήματα. Σε στεγασμένες εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται για την αναμόχλευση ειδικός εξοπλισμός που βρίσκεται αναρτημένος από την οροφή. Η αναμόχλευση επιτυγχάνει:

- Αερισμό του σωρού και παροχή οξυγόνου στους μικροοργανισμούς ώστε ο σωρός να μην καταστεί αναερόβιος.
- Καταστροφή των συσσωμάτων των οργανικών ουσιών που παρατηρούνται εξαιτίας της έκλυσης υγρασίας κατά την κομποστοποίηση. Τα συσσωματώματα αυτά γίνονται με τον χρόνο πρακτικά αδιαπέραστα ως προς τον αέρα και διαμορφώνονται ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες.

Την συνεχή ανάμιξη των υλικών για την καλύτερη επαφή των μικροοργανισμών με το υπόστρωμα και την διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας

στο εσωτερικό του σωρού. Η εγκάρσια τομή του σωρού έχει σχήμα τραπεζίου. Το τυπικό πλάτος του σωρού είναι 4.5m και το ύψος του 1 - 2m. Κάθε σειράδι πρέπει να αναδεύεται δύο-τρεις φορές την ημέρα κατά την διάρκεια των 5 πρώτων ημερών, ώστε το μίγμα να αναμιχθεί πλήρως, να μειωθούν κατά το δυνατόν οι οσμές και να εξασφαλιστεί η είσοδος του απαιτούμενου οξυγόνου. Στην συνέχεια τα σειράδια αναμοχλεύονται μία φορά την ημέρα για άλλες 30 ημέρες. Η θερμοκρασία στο κέντρο του σειράδιου, μπορεί να φτάσει και τους 65⁰C και διατηρείται σταθερή μέχρι και 10 ημέρες. Τον χειμώνα οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες και κυμαίνονται από 50⁰C - 60⁰C. Οι θερμοκρασίες κοντά στην επιφάνεια του σειράδιου είναι χαμηλότερες και τείνουν να εξισωθούν με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Όλα τα μηχανήματα που διατίθενται στην αγορά έχουν κατασκευαστεί αποκλειστικά για τον σκοπό της μηχανικής αναμόχλευσης των σειράδιων. Βασικά διακρίνονται σε δύο τύπους: Τους μετωπικούς αναμοχλευτές (straddle turners) και τους πλευρικούς αναμοχλευτές (Side-cutting windrow turners). Οι μετωπικοί αναμοχλευτές (straddle turners) εκτείνονται σε όλο το πλάτος του σωρού. Περιλαμβάνουν ένα περιστρεφόμενο κοχλία που εισχωρεί στο σωρό, ανυψώνει το υλικό και το αποθέτει πίσω του καθώς προχωρεί. Ένας εναλλακτικός τύπος μηχανήματος χρησιμοποιεί ένα κεκλιμένο ταινιόδρομο με κλίση προς το πίσω τμήμα του μηχανήματος. Στην βάση του ταινιόδρομου υπάρχουν δόντια που εισχωρούν στο σωρό και αναγκάζουν το υλικό να πέσει στην ταινία και να μεταφερθεί στο πίσω μέρος του μηχανήματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αναμοχλευτές είναι αυτοκινούμενοι.

III. Αεριζόμενοι σταθεροί σωροί

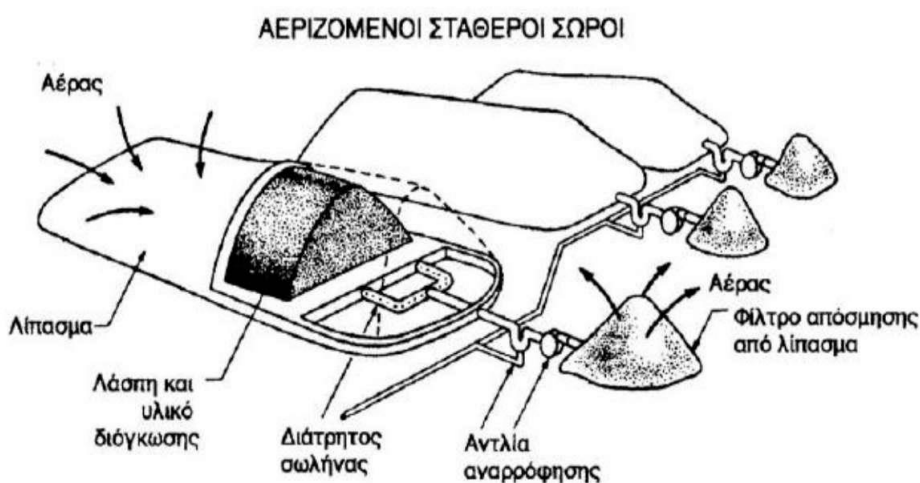
Τύποι σταθερών σωρών

Στην μέθοδο αυτή, το μίγμα των υλικών σωριάζεται σε σταθερό σωρό στον οποίον εφαρμόζεται εξαναγκασμένος αερισμός. Η μέθοδος αναπτύχθηκε με στόχο την μείωση της απαιτούμενης έκτασης και την βελτιστοποίηση της διεργασίας της κομποστοποίησης. Οι αεριζόμενοι σταθεροί σωροί διακρίνονται σε ατομικούς σωρούς και σε εκτεταμένους σωρούς. Η πρώτη μέθοδος είναι γνωστή σαν μέθοδος Rudgers και η δεύτερη μέθοδος ως μέθοδος Beltsville. Ο αερισμός των σωρών μπορεί να γίνει με αναρρόφηση αέρα, ή εμφύσηση αέρα, ή με συνδυασμό και των δύο. Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος σχεδιασμού του συστήματος του

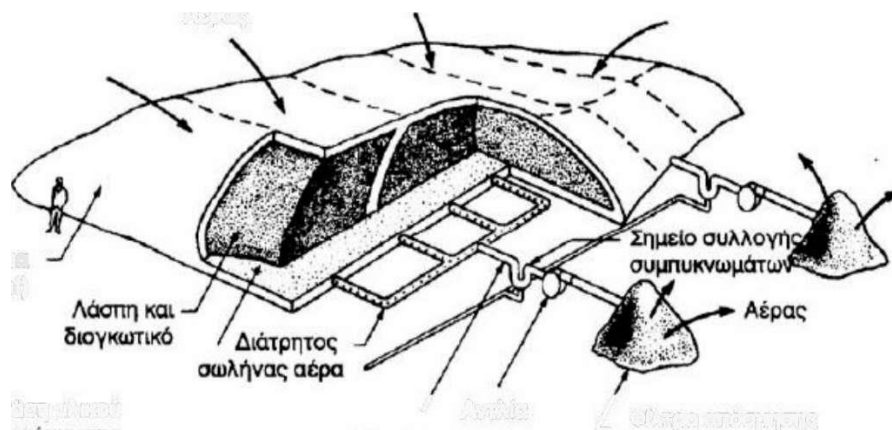
εκτεταμένου σταθερού σωρού που είναι και ο πιο συνηθισμένος μιας που απαιτεί 50 φορές περίπου μικρότερη έκταση από την αντίστοιχη των ατομικών αεριζόμενων σωρών [4].

Κατασκευή του σταθερού αεριζόμενου σωρού

Η επιφάνεια απόθεσης του σωρού, η επιφάνεια ξήρανσης και η επιφάνεια διαχωρισμού του πρόσθετου υλικού διαμορφώνεται από σκυρόδεμα. Στην επιφάνεια διάστρωσης δίδεται κλίση 2% για την συλλογή των ομβρίων και την ανακύκλωσή τους στην εγκατάσταση επεξεργασίας των λυμάτων. Ο εκτεταμένος σωρός κατασκευάζεται ως εξής: Στην αρχή κατασκευάζεται ένας σωρός σε σχήμα τριγωνικό με την ποσότητα του μίγματος μιας ημέρας. Η μια πλευρά και τα άκρα του σωρού σκεπάζονται κανονικά με 25cm τελικού κόμποστ, ενώ η εσωτερική πλευρά καλύπτεται προσωρινά με μερικά εκατοστά κόμποστ μέχρι την άλλη μέρα. Ο σωρός που κατασκευάζεται έχει πλάτος 15m και ύψος 2.5m τριγωνικά κανάλια, βάθους περίπου 20 - 25cm και σε απόσταση 1.6m μεταξύ τους, που διαμορφώνονται στο δάπεδο απόθεσης του σωρού. Τα κανάλια καλύπτονται με σιδερένια σχάρα. Σε κάθε ημερήσιο σωρό αναλογούν δύο σωλήνες που διατρέχουν το πλάτος του. Οι σωλήνες είναι από PVC και έχουν διάμετρο 10cm. Συνδέονται σε σταθερό δίκτυο σωληνώσεων που οδηγεί στους φυσητήρες. Ο χώρος γύρω από τους σωλήνες αερισμού γεμίζει με πρόσθετο υλικό που εξασφαλίζει καλύτερη κατανομή του οξυγόνου στο σωρό. Περιοδικά είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του υλικού στα κανάλια αερισμού.



Εικόνα 6 Κανάλι αερισμού



Εικόνα 7 Κανάλι αερισμού

Αερισμός του σωρού

Ο αερισμός του σωρού αποσκοπεί στην τροφοδοσία του μίγματος με το απαραίτητο για την διεργασία της κομποστοποίησης οξυγόνο. Ο αερισμός επιτυγχάνεται: (α) με την εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα δια μέσου του σωρού και (β) με την αναρρόφηση αέρα δια μέσου του σωρού. Οι δύο αυτές λειτουργίες εναλλάσσονται έτσι ώστε να διατηρείται στον σωρό η απαραίτητη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου καθώς και η απαραίτητη θερμοκρασία για την κομποστοποίηση και την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών. Η λειτουργία με εμφύσηση αέρα έχει σαν αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας αλλά υποβοηθά σημαντικά την ξήρανση του κόμποστ. Αντίθετα η αναρρόφηση αέρα επιτρέπει την ανάπτυξη υψηλότερων θερμοκρασιών. Η επιθυμητή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου είναι 15%. Η βέλτιστη θερμοκρασία στο εσωτερικό του σωρού είναι 60°C. Πάνω από την θερμοκρασία αυτή παρατηρείται σημαντική αναστολή της μικροβιακής δράσης ενώ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες επιβραδύνεται η βιοαποικοδόμηση. Κάθε σωρός είναι εφοδιασμένος με ρυθμιστική δικλείδα που παίρνει εντολές για την έναρξη ή την παύση του αερισμού ανάλογα με την θερμοκρασία στο εσωτερικό του σωρού. Η εναλλαγή των αεριστήρων μεταξύ των δύο αυτών τρόπων λειτουργίας ρυθμίζεται με την βοήθεια αισθητηρίων οξυγόνου και θερμοκρασίας που τοποθετούνται στην μάζα του σωρού. Το αισθητήριο της θερμοκρασίας τοποθετείται κοντά στην βάση του σωρού ενώ το αισθητήριο του οξυγόνου κοντά στο κέντρο του, όπου αναπτύσσονται και οι υψηλότερες θερμοκρασίες. [4]

Συνδυασμός αναρρόφησης και εμφύσησης αέρα μπορεί να εξασφαλίσει ευνοϊκότερες συνθήκες για τη διεργασία της κομποστοποίησης. Για τον λόγο αυτό τις πρώτες μέρες της διεργασίας γίνεται αναρρόφηση των αερίων προκειμένου να έχουμε απομάκρυνση τους (π.χ. CO₂, NH₃ και δύσοσμων χημικών ενώσεων) και εμπλουτισμού του υποστρώματος σε οξυγόνο διατηρώντας τη θερμοκρασία σε επιθυμητά επίπεδα. Κατά τη θερμόφιλη φάση γίνεται εμφύσηση αέρα καθότι ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου είναι πολύ μεγαλύτερος και προκειμένου να ρυθμιστεί ίση της θεροκρασίας είναι πολλές φορές επιτακτική.

Συλλογή στραγγισμάτων

Στραγγίσματα παράγονται από την υγροποίηση των υδρατμών που δημιουργούνται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που επικρατεί στο εσωτερικό του σωρού.. Τα στραγγίσματα συλλέγονται σε στραγγιστήρι τοποθετημένο στο κανάλι αερισμού κάτω από τον σωλήνα του αέρα. Τα στραγγίσματα πρέπει χρίζονται κατάλληλης επεξεργασίας καθότι έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο.

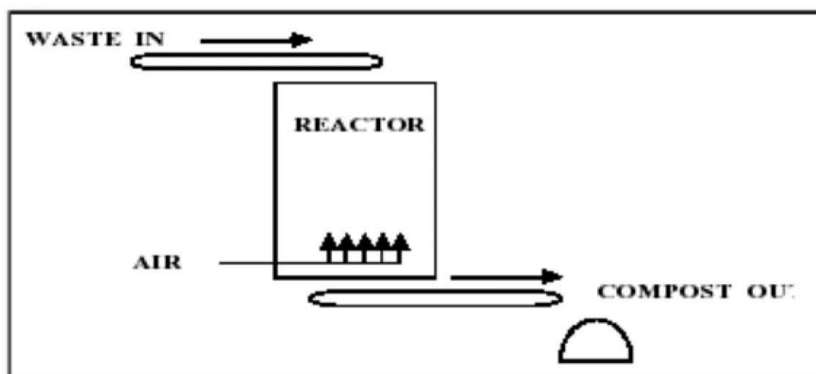
1.9.2 Κλειστά συστήματα κομποστοποίησης

Στα συστήματα αυτά, η κομποστοποίηση πραγματοποιείται μέσα σε κλειστούς αντιδραστήρες, κατακόρυφους οριζόντιους ή περιστρεφόμενου τυμπάνου, όπου υπάρχει η δυνατότητα καλύτερου ελέγχου της παροχής αέρα, της θερμοκρασίας, του pH και της υγρασίας.

Οι κατακόρυφοι αντιδραστήρες έχουν συνήθως ύψος 4m ή μεγαλύτερο και κατασκευάζονται με τη μορφή σιλό. Η τροφοδοσία του υλικού γίνεται από την κορυφή μέσω ενός μηχανισμού τροφοδοσίας (ταινιόδρομος, κοχλιωτή αντλία). Στην συνέχεια το υλικό κινείται με βαρύτητα προς τον πυθμένα του σιλό και εκφορτώνεται με ένα αντίστοιχο μηχανισμό.

Ο έλεγχος της διαδικασίας γίνεται μέσω της εμφύσησης αέρα κατ' αντιρροή προς τα απορρίμματα. Εναλλακτικά ο αερισμός επιτυγχάνεται επίσης με την πτώση από το ένα επίπεδο στο άλλο, είτε με την συνεχή ανάμιξη από ειδικούς αναμοχλευτήρες. Λόγω του μεγάλου ύψους των αντιδραστήρων είναι δύσκολο να διατηρηθούν οι βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας σε όλα τα σημεία της κατακόρυφης στήλης. Επιπλέον η είσοδος του αέρα γίνεται από τον πυθμένα, όπου

βρίσκονται τα απορρίμματα που έχουν υποστεί ήδη σημαντικό βαθμό σταθεροποίησης και άρα οι απαιτήσεις για οξυγόνο είναι μικρότερες. Αντίθετα στην κορυφή όπου οι ανάγκες σε οξυγόνο είναι μεγαλύτερες, φθάνει συχνά πολύ μικρή ποσότητα οξυγόνου. Για τον λόγο αυτό συχνά εφαρμόζεται οριζόντιος αερισμός μέσω δικτύου σωλήνων εισόδου και εξόδου. Γενικά, οι κατακόρυφοι αντιδραστήρες βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στην σταθεροποίηση της ιλύος όπου με την χρήση κάποιου πρόσθετου υλικού μπορεί να επιτευχθεί μια σχετικά ομοιογενής μάζα.[7]

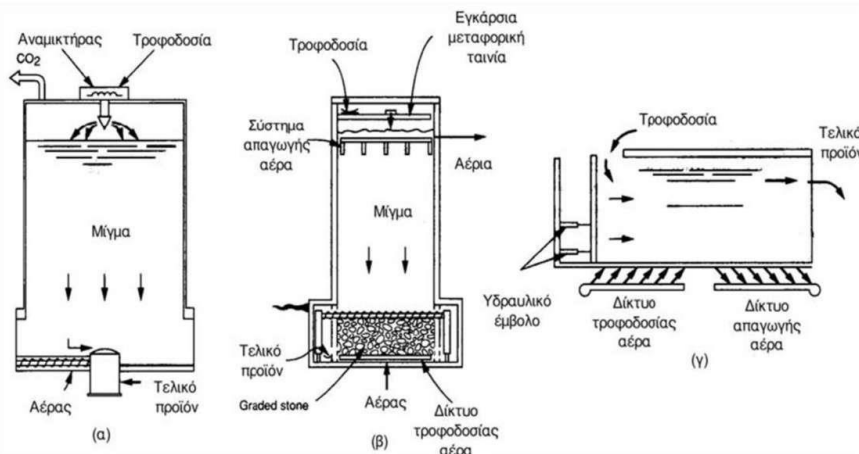


Εικόνα 8 κλειστός αντιδραστήρας

Οι οριζόντιοι αντιδραστήρες επιτυγχάνουν μια πιο ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας, υγρασίας και οξυγόνου. Η εμφύσηση αέρα, γίνεται και στην περίπτωση αυτή από δίκτυο σωληνώσεων τοποθετημένων στον πυθμένα αλλά η διαδρομή του αέρα είναι πολύ πιο σύντομη, ενώ μπορεί να διαφοροποιηθεί η παροχή του κατά μήκος του αντιδραστήρα. Διακρίνονται δύο τύποι αντιδραστήρων οι στατικοί, όπου η φόρτωση και εκφόρτωση του υλικού απαιτούν ένα μηχανισμό, π.χ. bulldozer και οι αναδευόμενοι όπου ένας μηχανισμός αναμόχλευσης ωθεί το υλικό συνεχώς από το ένα άκρο προς το άλλο. Εκτός από τον αέρα, συχνά ρυθμίζεται στα συστήματα αυτά η υγρασία και η θερμοκρασία.

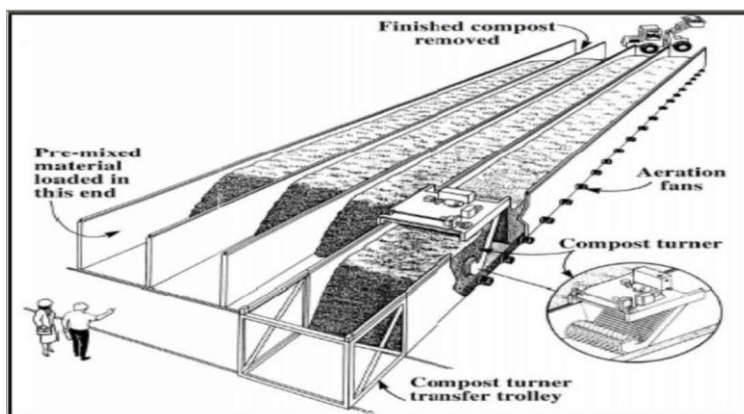
Εξαιτίας του μεγάλου κόστους των κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης, ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων είναι μικρός, <5ήμερες, με αποτέλεσμα να μην παράγεται ένα σταθεροποιημένο τελικό προϊόν. Έτσι απαιτείται συνήθως συμπληρωματική σταθεροποίηση σε σωρούς. Στην ουσία οι κλειστοί αντιδραστήρες χρησιμοποιούνται για να επιτελέσουν το πρώτο στάδιο της κομποστοποίησης κατά το οποίο παράγονται οι περισσότερες οσμές και ο έλεγχος της διεργασίας είναι κρίσιμος.

Οι αντιδραστήρες περιστρεφόμενου κυλίνδρου, αυτοί που ονομάζονται επίσης και χωνευτήρες, έχουν ακόμα μικρότερους χρόνους παραμονής από τα άλλα κλειστά συστήματα, της τάξεως των ωρών ή λίγων ημερών. Η περιστροφική κίνηση βοηθά στην ομογενοποίηση και κατάτμηση του υλικού. Λόγω του μικρού χρόνου ακολουθούνται πάντοτε από κλειστά ή ανοιχτά συστήματα περαιτέρω κομποστοποίησης. Τυπικές διατάξεις κατακόρυφων και οριζόντιων αντιδραστήρων φαίνονται στην εικόνα 9



Εικόνα 9 Αντιδραστήρας Κατακόρυφος

Παραδείγματα κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης: (α) κατακόρυφος κυλινδρικός πύργος, (β) κατακόρυφος ορθογωνικός πύργος και (γ) οριζόντιο σύστημα τύπου τούνελ [7]



Εικόνα 10 Αντιδραστήρας Τούνελ

1.9.3 Οικιακή κομποστοποίηση



Εικόνα 11 οικιακή κομποστοποίηση

Η οικιακή κομποστοποίηση αποτελεί μια από τις πιο αξιόπιστες μεθόδους ανακύκλωσης των οργανικών απορριμμάτων που αποτελούν την πλειοψηφία σκουπιδιών για κάθε νοικοκυριό. Με την οικιακή κομποστοποίηση ένα ποσοστό 20%-30% διαχωρίζεται από έναν κύριο όγκο απορριμμάτων με τελικό προορισμό τους Χώρους Υγειονομικής Ταφής. Πολλοί ιδιώτες παγκοσμίως παρακινούνται από ένα συναίσθημα προστασίας ή ενδιαφέροντος για το περιβάλλον ή την επιθυμία να έχουν μια φθηνή και αξιόπιστη πηγή λιπάσματος για τον κήπο τους και τις καλλιέργειές τους, εφαρμόζουν τη μέθοδο της κομποστοποίησης επιστρέφοντας έτσι στο έδαφος όλα εκείνα τα απαραίτητα συστατικά (οργανικά και ανόργανα) που χρειάζονται για την ανάπτυξη των φυτών. Έτσι εκτός από την ανακύκλωση των μετάλλων, του χαρτιού, των γυαλιών και των ελαστικών, που σε κάποιο ικανοποιητικό βαθμό μπορεί να επιτευχθεί, με τη σύνθετη διαδικασία της ανακύκλωσης και κομποστοποίησης, ανακυκλώνεται ουσιαστικά και το οργανικό κλάσμα, και επαναφέρεται σωστά, στο φυσικό αποδέκτη του. το χώμα, για να μπορέσει το τελευταίο διατηρώντας την κανονική δομή και γονιμότητά του να συνεχίσει να παράγει κάνοντας τη δική του κομποστοποίηση.[7]

Μειώνονται οι συνολικές ποσότητες αποβλήτων που στέλνει ο κάθε δήμος στο ΧΥΤΑ. Το γεγονός θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των δημοτικών τελών που πληρώνει κάθε πολίτης, αν συνδυαστεί με αλλαγή της πολιτικής χρέωσης των δήμων για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων τους. Προς το παρόν η χρέωση των δήμων γίνεται ανάλογα με τον πληθυσμό τους, ενώ θα έπρεπε να γίνεται ανάλογα με τις ποσότητες αποβλήτων που στέλνουν για υγειονομική ταφή. Επιμηκύνεται σημαντικά ο χρόνος ζωής των ΧΥΤΑ, αφού έτσι θα δέχονται πολύ λιγότερα απόβλητα.

Προστατεύεται ο πλανήτης από το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα οργανικά απόβλητα στους ΧΥΤΑ θάβονται και αποικοδομούνται κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων μεθανίου μονοξειδίου του άνθρακα και σε λιγότερες ποσότητες υδρόθειο κ.α..

Τα αέρια αυτά είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συνεπώς για την αλλαγή του κλίματος στη Γη, με τις γνωστές για όλους καταστρεπτικές συνέπειες.

Ένα άλλο πρόβλημα στο οποίο δίνει λύση η κομποστοποίηση των οργανικών αποβλήτων είναι η ερημοποίηση των εδαφών. Η εντατικοποίηση της καλλιέργειας της γης, σε συνδυασμό με την καταστροφή των δασών από πυρκαγιές και την εμπορική υπερεκμετάλλευσή τους, έχουν κάνει τα εδάφη πολύ φτωχά σε οργανική ύλη. Η διάβρωσή τους είναι το επόμενο βήμα πριν την τελική ερημοποίηση. Η «λύση» για τη συνέχιση της καλλιέργειας της γης είναι η υπερβολική χρήση λιπασμάτων που έχει πολλαπλές αρνητικές επιπτώσεις στα νερά, στην πανίδα και φυσικά στον άνθρωπο. Το κόμποστ, δηλαδή το προϊόν της κομποστοποίησης, επιστρέφει στο έδαφος της απαραίτητες για τη γονιμότητά του οργανικές και ανόργανες ουσίες.

Μια πρώτη δυσκολία που οι περισσότεροι αντιμετωπίζουν όταν αποφασίσουν να ασχοληθούν με την κομποστοποίηση είναι η εύρεση ενός αξιόπιστου και κατανοητού ενημερωτικού φυλλαδίου πάνω στη συγκεκριμένη μέθοδο, με αποτέλεσμα ο επίδοξος πολίτης πολλές φορές να μπερδεύεται, να αποθαρρύνεται ή ακόμα και να ενθουσιάζεται υπερβολικά ανάλογα με τον τύπο εγγράφου που έχει μελετήσει.

Ένα δεύτερο και πολύ ισχυρό μάλιστα εμπόδιο, αποτελούν οι δυσάρεστες οσμές οι οποίες συγκεντρώνουν και τα περισσότερα παράπονα των γειτόνων. Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως τέτοιες οσμές είναι δυνατόν να αποφεύγονται με τη διατήρηση αερόβιων συνθηκών μέσα στον κάδο κομποστοποίησης, αλλά ο αποτελεσματικός έλεγχος όλων αυτών των παραμέτρων για την επίτευξη τέτοιων συνθηκών δεν πραγματοποιείται στον επιθυμητό βαθμό από έναν «άπειρο» στο αντικείμενο πολίτη. [7]

Παρόλο που οι δυσκολίες αυτές είναι υπαρκτές και πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν πριν την ανάληψη οποιονδήποτε πρωτοβουλιών, ήδη στην Ευρώπη και την Αμερική υπάρχουν πολλά παραδείγματα επιτυχούς οικιακής κομποστοποίησης. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει άμεση εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου παρά μόνο

πιλοτικά σε ορισμένους δήμους του νομού Αττικής (Μαρούσι, Ελευσίνα, Φιλαδέλφεια, Κηφισιά, Αχαρνών).

Εξοπλισμός

Βασικό εξάρτημα του εξοπλισμού είναι ο κάδος κομποστοποίησης που θα παρέχει κάποιο περιορισμένο χώρο στο προς κομποστοποίηση μίγμα. Πληροφορίες για τους ήδη υπάρχοντες κάδους στο εμπόριο και τις δυνατότητές τους υπάρχουν.

Πολύ σημαντικό στοιχείο επίσης είναι η γνώση των κατάλληλων αλλά και ακατάλληλων υλικών για την κομποστοποίηση.

Τα υλικά που μπορούν να κομποστοποιηθούν είναι :

- Λαχανικά, χορταρικά, φρούτα (ωμά ή βρασμένα).
- Υπολείμματα από σαλάτες αφού στραγγιστούν τα υγρά.
- Φυτικά υπολείμματα όπως ξερά φύλλα, κομμένο γκαζόν. Στάχτη
- Τσόφλια αυγών
- Χαρτιά κουζίνας (ρολό κουζίνας, χαρτοπετσέτες).
- Πριονίδι (ιδιαίτερα αν είναι πολύ υγρό το κόμποστ και θέλουμε ένα μίγμα πιο ισορροπημένο και με μεγαλύτερο αερισμό.
- Υπολείμματα βοτάνων από ροφήματα και κατακάθια καφέ, φίλτρα γαλλικού καφέ.
- Οργανικά λιπάσματα όπως καστανόχωμα, φυλλόχωμα.

Τα υλικά που δεν μπορούν να κομποστοποιηθούν είναι:

- Πλαστικά
- Κουτιά από χυμούς και γάλατα
- Δοχεία και καπάκια δοχείων
- Γυαλί Πορσελάνη, κεραμικά
- Υπολείμματα τσιγάρων
- Κόκαλα, κουκούτσια
- Σακούλες από ηλεκτρικές σκούπες
- Λάστιχα Υφάσματα
- Επικίνδυνα απορρίμματα

Φυσικά όλα τα παραπάνω θα πρέπει να αναμιγνύονται με τον κατάλληλο τρόπο ώστε να ευνοείται η ζύμωση τους (λόγος C/N = 25/1) και να ελέγχονται όσο το δυνατόν συστηματικά όλοι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διεργασία. Στη συνέχεια παρατίθεται μια λίστα με μερικά από τα υλικά που μπορούν να κομποστοποιηθούν ή όχι καθώς και κάποιες επιπρόσθετες πληροφορίες γι' αυτά. [9]

Οφέλη κομποστοποίησης

Με την κομποστοποίηση μπορούμε να συνοψίσουμε ότι οδηγούμαστε σε σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη τα κυριότερα από τα οποία είναι:

- Μείωση των οχλήσεων κατά τη συλλογή και μεταφορά των οικιακών στερεών αποβλήτων
- Μικρότερη επιβάρυνση των χώρων ταφής αποβλήτων (τόσο ποσοτικά όσο και ως προς το ρυπαντικό φορτίο) λόγω της μειωμένης ποσότητας στερεών αποβλήτων που καταλήγουν στους χώρους αυτούς, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση του χρόνου λειτουργίας τους.
- Μειωμένη παραγωγή στραγγισμάτων στους χώρους ταφής αποβλήτων τα οποία επιπλέον, περιέχουν μικρότερο ρυπαντικό φορτίο.
- Μειωμένες αέριες εκπομπές από τους χώρους διάθεσης τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, πτητικές οργανικές ενώσεις κ.λπ.)
- Παραγωγή προϊόντος προστιθέμενης αξίας το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές - αποφυγή της χρήσης συνθετικών λιπασμάτων
- Παραγωγή προϊόντος υψηλής ποιότητας λόγω του γεγονότος ότι προέρχεται από τη χρήση υλικών διαχωρισμένων στην πηγή (σε αντίθεση με το προϊόν που προέρχεται από οργανικό υλικό το οποίο διαχωρίζεται σε κεντρικές μονάδες μηχανικής διαλογής)
- Η χωριστή συλλογή και αξιοποίηση των βιοαποδομήσιμων οργανικών αποβλήτων εντός της οικίας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απαιτούμενης συχνότητας για συλλογή των μικτών οικιακών αποβλήτων που τοποθετούνται στους κάδους. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για χώρες όπως η Ελλάδα όπου οι κλιματικές συνθήκες απαιτούν συχνό άδειασμα των κάδων για αποφυγή της ανάπτυξης συνθηκών αποδόμησης των αποβλήτων που συλλέγονται σε αυτούς. [6]

1.9.4 Δυνατότητες διάθεσης του κομπόστ

Είναι πλέον ισχυρά τεκμηριωμένο ότι η προσθήκη κομπόστ στο έδαφος μπορεί να έχει θετική επίδραση σε μία μακρά σειρά χημικών, φυσικών και βιολογικών χαρακτήρων του. Η γεωργία και οι διάφορες συναφείς δραστηριότητες συνιστούν την κυριότερη οδό αξιοποίησης των διαφόρων υλικών κομπόστ, τα οποία μάλιστα κατά τη διεθνή πρακτική εφαρμόζονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις για ελληνικά δεδομένα. Για την εδαφική εφαρμογή του κομπόστ στη γεωργία, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη και να διενεργούνται λεπτομερείς έλεγχοι σχετικά με τις διάφορες χρήσεις και κατηγορίες ποιότητας του κομπόστ όπως ποσότητα εφαρμογής, περιεκτικότητα σε θρεπτικά, ιχνοστοιχεία, βαρέα μέταλλα, επιβλαβείς οργανικές ενώσεις, παθογόνα κλπ., επίπεδο ωρίμανσης κομπόστ (φρέσκο ή ώριμο κομπόστ), χρονική περίοδος εφαρμογής, συχνότητα εφαρμογής, βάθος ενσωμάτωσης στο έδαφος, τύπος εδάφους και χαρακτήρες αυτού κ.ά.

Οι ενδεικνυόμενες χρήσεις του κομπόστ, εξαρτώνται από τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά και ποικίλουν από τη χρήση σε βιολογικά καλλιεργούμενα τρόφιμα, και γενικότερα καλλιέργειες παραγωγής τροφής και ζωοτροφών, έως τη χρήση για αποκατάσταση εδαφών και ως κάλυψη σε ΧΥΤΑ. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν νομοθετικοί περιορισμοί για τις επιτρεπόμενες χρήσεις με στόχο την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος. Σε αυτό το πλαίσιο παρατίθεται ένας ενδεικτικός οδηγός χρήσεων κομπόστ:

- Φυτά μεγάλης καλλιέργειας, απαιτητικά σε χουμικά συστατικά, προκειμένου να ενισχυθεί το ισοζύγιο χουμικών συστατικών στα
- καλλιεργούμενα εδάφη π.χ. τεύτλα, πατάτες αλλά και διάφορα λαχανικά αγρού, σε ποσότητα 4-10 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα κάθε 2-4 χρόνια.
- Σιτηρά, σε ποσότητα 2-6 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα, κάθε 2-4 χρόνια.
- Λειβαδικές εκτάσεις, σε ποσότητα 2-5 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα, κάθε 24 χρόνια. Το κομπόστ πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ξένα σώματα, που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στα βόσκοντα ζώα.
- Δενδρώδεις καλλιέργειες, μηλοειδή, πυρηνόκαρπα, εσπεριδοειδή, συκιές κλπ. Σε ποσότητα 10-20 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα, κάθε 3 χρόνια.
- Αμπέλια, σε ποσότητα 10-25 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα (φρέσκο κομπόστ σε βαριά εδάφη) ή 10 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα (ώριμο

κομπόστ σε ελαφρά εδάφη), κάθε 3-4 χρόνια. Σε περίπτωση επικλινών εκτάσεων, συνιστώνται μεγαλύτερες δόσεις, 20-30 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα. (φρέσκο κομπόστ). Ως χρόνος εφαρμογής συνιστάται η περίοδος μεταξύ του τρυγητού και της έναρξης της βλάστησης.

- Δασικά φυτώρια, σε ποσότητα 15-20 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα
- Θερμοκηπιακές καλλιέργειες, σε ποσότητα 1 - 1,5 kg/m² νωπού υλικού, κάθε 2-4 χρόνια.
- Ανθοκομικές καλλιέργειες, σε ποσότητα 10-25 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα.
- Διαμόρφωση περιβάλλοντος και επιφανειών πρασίνου σε αστικές περιοχές, πάρκα, αθλητικά πεδία, αποτροπή φαινομένων διάβρωσης σε επικλινείς επιφάνειες, συγκράτηση πρανών, χλοοφορία σε ταράτσες, σε θαμνοσυστάδες σε δρόμους, αντικατάσταση μητρικού εδάφους για την αποκατάσταση λατομείων, και χωματερών / ΧΥΤΑ, σε δόσεις των 10-30 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα στην αρχή και έπειτα 2-3 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα κάθε 2 χρόνια.
- Αναδασώσεις, με ενσωμάτωση έως 150 τόνων νωπού υλικού ανά στρέμμα.
- Ως υλικό βιοφίλτρου για την απορρόφηση δυσάρεστων οσμών από
- βιομηχανικές εγκαταστάσεις με δύσοσμα απαέρια, εξαερισμών σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, κομποστοποίησης, μαζικής διατήρησης ζώων, κ.λ.π. Στις περιπτώσεις αυτές συνιστώνται δόσεις 1 τόνου νωπού υλικού ανά m² επιφάνειας βιοφίλτρου, κάθε 4 χρόνια, για ποσότητα απαερίων 50 - 100 m³ ανά ώρα και ανά m².



Εικόνα 12. κάδος κομποστοποίησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία προσπάθεια προσέγγισης των συστημάτων της κομποστοποίησης από δύο διαφορετικές και διακριτές μεταξύ τους κατηγορίες. Αυτές οι δύο κατηγορίες είναι τα συστήματα κομποστοποίησης σε βιομηχανική κλίμακα (εργοστάσια μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης) και τα συστήματα οικιακής κομποστοποίησης. Για ό,τι αφορά στη βιομηχανική κομποστοποίηση αναλύονται τα διάφορα στάδια επεξεργασίας και δίνονται παραδείγματα τέτοιων βιομηχανιών στην Ελλάδα. Για την οικιακή κομποστοποίηση, παρουσιάζονται τα κυριότερα είδη που διατίθενται στην αγορά και γίνεται αναλυτικότερη αναφορά σε επιλεγμένα αντιπροσωπευτικά συστήματα.[3]

2.2 Κομποστοποίηση σε βιομηχανική κλίμακα

Η κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων προβάλλει ως αναγκαιότητα, δεδομένου ότι αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό, συχνά 40% ή και παραπάνω του συνολικού όγκου απορριμμάτων. Ο διαχωρισμός των ζυμώσιμων μειώνει κατά πολύ τον όγκο των απορριμμάτων που τελικά θα ταφούν (εφ' όσον η τελική διάθεση είναι η υγειονομική ταφή), ενώ μειώνονται έτσι και οι πιθανότητες για δημιουργία προβλημάτων εξ αιτίας της παραγωγής μεθανίου από την αναερόβια ζύμωση των θαμμένων οργανικών υλικών. Επίσης, υπάρχει η προοπτική εσόδων από την πώληση του κόμποστ που παράγεται, με την προϋπόθεση πως πληρούνται κάποιες προδιαγραφές ποιότητας. Στο εξωτερικό έχουν δημιουργηθεί πολλές βιώσιμες μονάδες κομποστοποίησης. Στην Ελλάδα,

έχουν γίνει τέτοιες προσπάθειες σε επίπεδο δήμων και περιφερειών με μη αναμενόμενα αποτελέσματα. Ενδεικτικό επίσης είναι το γεγονός ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν ιδιωτικές πρωτοβουλίες σε θέματα κομποστοποίησης όπως αντίστοιχα συμβαίνει στο εξωτερικό.[3]

2.3 Διαφοροποίηση εργοστασίων κομποστοποίησης

Οι κύριες διαφοροποιήσεις των εργοστασίων κομποστοποίησης έχουν να κάνουν με τη ροή εισόδου των υλικών προς κομποστοποίηση και συγκεκριμένα με το αν προέρχονται από σύμμεικτα αστικά στερεά απόβλητα ή από ξεχωριστές ροές.

Έτσι, τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) πρέπει πριν την είσοδό τους στην βιολογική επεξεργασία να υποβληθούν σε προεπεξεργασία που βασίζεται κυρίως σε μηχανικές μεθόδους. Η μέθοδος της προεπεξεργασίας των εισερχόμενων αποβλήτων, που επιλέγεται κάθε φορά, εξαρτάται από το είδος και την καθαρότητα των αποβλήτων. Στην περίπτωση των ΑΣΑ, οι απαιτούμενες διεργασίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με το σύστημα αποκομιδής τους. Σε περίπτωση αποκομιδής σύμμεικτων ΑΣΑ, απαιτούνται πολύπλοκες εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής, για τον διαχωρισμό των ΑΣΑ κατά είδος, με τη βοήθεια μηχανικών και φυσικών μεθόδων. Τέτοια συστήματα απαιτούν προηγμένη τεχνολογία και σημαντική επένδυση. Η απόδοση των συστημάτων αυτών είναι περιορισμένη αλλά συνεισφέρουν σημαντικά στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας για την υγειονομική ταφή με έναν ευέλικτο και συχνά ανταγωνιστικό οικονομικά και περιβαλλοντικά τρόπο, ανάλογα με τις τοπικές περιστάσεις.

Στην περίπτωση που το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ συλλέγεται χωριστά, με διαλογή στην πηγή, απαιτείται πάλι μια προεπεξεργασία, ο βαθμός της οποίας εξαρτάται από την καθαρότητα του συλλεγόμενου υλικού και κατά συνέπεια, από την ενεργό συμμετοχή των πολιτών στο πρόγραμμα χωριστής διαλογής. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται κάποιο πρόγραμμα διαλογής στην πηγή για άλλο ρεύμα των ΑΣΑ (π.χ. υλικά συσκευασίας), η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι δεν παρατηρείται αξιόλογη βελτίωση στην ποιότητα του οργανικού κλάσματος και έτσι απαιτούνται περίπου οι ίδιες πολύπλοκες εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας όπως και στην περίπτωση συλλογής σύμμεικτων αποβλήτων.

Παρακάτω, παρουσιάζεται η τυπική διάρθρωση ενός εργοστασίου κομποστοποίησης, ωστόσο μπορούν να υπάρξουν πολλές διαφοροποιήσεις κατά τα στάδια αυτά. Κυριότερη παραλλαγή που αφορά τη διεργασία, είναι η κομποστοποίηση να γίνεται σε κλειστούς αντιδραστήρες αντί σε σειράδια. Η χρησιμοποίηση αντιδραστήρων επιτρέπει τον πιο εύκολο χειρισμό και έλεγχο του προϊόντος κατά τη διεργασία με μοναδικό μειονέκτημα την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία τους.[3]



ΕΙΚΟΝΑ 13 Κλειστός αντιδραστήρας

2.4 Τυπικό εργοστάσιο κομποστοποίησης

Παρακάτω γίνεται μία λεπτομερής περιγραφή ενός τυπικού εργοστασίου κομποστοποίησης.

2.4.1 Πρώτες ύλες

Τα εργοστάσια κομποστοποίησης είναι σε θέση να χειρίζονται ένα ευρύ φάσμα οργανικών αποβλήτων. Περιλαμβάνουν υπολείμματα ξυλείας, εμπορικά απόβλητα τροφίμων, απόβλητα τροφίμων καταναλωτών, προϊόντα χάρτου, χαρτόνια, βιοστερεά (εξαιρετική ποιότητα ιλύος καθαρισμού λυμάτων), κοπριές ζώων, καθώς και άλλα

συμβατά οργανικά απόβλητα. Οι πρώτες ύλες διαφέρουν από εποχή σε εποχή και από έτος σε έτος, με βάση τις εγκαταστάσεις και τις απαιτήσεις της αγοράς.[1]



Εικόνα 14 πρώτες ύλες κομποστοποίησης

2.4.2 Χώρος υποδοχής

Ο χώρος υποδοχής είναι χωρισμένος σε δύο τμήματα, ένα για επαγγελματικά οχήματα και ένα για οικιακούς πελάτες. Εκεί συγκεντρώνεται όλο το υλικό που φτάνει στις εγκαταστάσεις. Ο χώρος υποδοχής μπορεί να περιλαμβάνει συστήματα αερισμού.[1]



Εικόνα 15 χώρος υποδοχής

2.4.3 Απομάκρυνση προσμίξεων ακατάλληλων για κομποστοποίηση

Οι πρώτες ύλες φορτώνονται σε μεταφορική ταινία με έναν φορτωτή (μπουλντόζα). Κατά την μεταφορά αυτή υπάρχει προσωπικό το οποίο επιβλέπει και

αφαιρεί τους ενδεχόμενους μολυσματικούς παράγοντες (κάτι που δεν θα κομποστοποιηθεί ή θα μπορούσε να είναι επιβλαβές για τη κομποστοποίηση).[1]



Εικόνα 16 απομάκρυνση ακατάλληλων υλικών

2.4.4 Τεμαχισμός

Οι πρώτες ύλες διέρχονται από τον τεμαχιστή όπου ομογενοποιούνται σε συγκεκριμένο μέγεθος.[1]



Εικόνα 17 τεμαχιστές

2.4.5 Δημιουργία σειραδιών

Μετά το άλεσμα, το υλικό φορτώνεται σε σειρές με έναν φορτωτή. Αυτές οι σειρές συνθέτουν τη διαδικασία.[1]



Εικόνα 18 σειραδιές

2.4.6 Χώρος κομποστοποίησης

Ο κλειστός χώρος κομποστοποίησης μπορεί να παράγει ποσότητες λιπάσματος ανάλογα με την τροφοδοσία και τη ζήτηση της αγοράς. Είναι εφικτό να παράγει πολλά προϊόντα την ίδια στιγμή.[1]



Εικόνα 19 Χώρος κομποστοποίησης

2.4.7 Ανάδευση σειραδιών

Μηχανήματα όπως αυτά των παρακάτω εικόνων είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για την ανάδευση του υλικού στη διεργασία. Το υλικό αναδεύεται δύο με τρεις φορές την εβδομάδα. Αυτό γίνεται για να μετακινηθεί το υλικό, να αναμιχθεί και να επιτευχθεί ο απαιτούμενος αερισμός.[1]



Εικόνα 20 ανάδευση σειραδιών

2.4.8 Στραγγίσματα

Κατά τη κομποστοποίηση παράγονται στραγγίσματα τα οποία συλλέγονται σε υπόγειες δεξαμενές κάτω από το υλικό. Τα στραγγίσματα αυτά ανακυκλώνονται κατά την ανάδευση των σειραδιών έτσι ώστε το υλικό να έχει την απαραίτητη υγρασία σε όλη την έκτασή του.[1]

2.4.9 Πάτωμα αερισμού



Εικόνα 21 στραγγίσματα

Ο αερισμός είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος της κομποστοποίησης. Ο αέρας εμποδίζει τη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών και κατ' επέκταση τη δημιουργία οσμών, οι οπές που διοχετεύουν αέρα στο υλικό ελέγχονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή ώστε να υπάρχει η βέλτιστη ποσότητα οξυγόνου και η απαιτούμενη ψύξη του.[1]

2.4.10 Ανεμιστήρες χώρου κομποστοποίησης

Οι ανεμιστήρες αερισμού παρέχουν αέρα στο λίπασμα. Υπάρχουν επίσης ανεμιστήρες εξαερισμού. Όλοι οι ανεμιστήρες έχουν μετάδοση μεταβλητής ταχύτητας και ελέγχονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή.[1]



Εικόνα 22 ανεμιστήρες

2.4.11 Ασύρματοι βυθιζόμενοι αισθητήρες

Για τον έλεγχο της διεργασίας υπάρχουν βυθιζόμενοι αισθητήρες οι οποίοι λαμβάνουν τις τιμές της θερμοκρασίας και της κατανάλωσης οξυγόνου από το κόμποστ. Κάθε τέτοιος αισθητήρας λαμβάνει δύο τιμές πάνω και κάτω. Οι τιμές που λαμβάνονται από το κόμποστ στέλνονται πίσω στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ελέγχου μέσω ραδιοκυμάτων.[1]



Εικόνα 23 Αισθητήρας

2.4.12 Κεντρικός υπολογιστής ελέγχου

Στην εικόνα 24 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από το πρόγραμμα ενός κεντρικού υπολογιστή ελέγχου. Το πρόγραμμα αυτό επιτρέπει τον έλεγχο των ανεμιστήρων, την παρακολούθηση της συλλογής στραγγισμάτων, την παρακολούθηση του καιρού και την παρακολούθηση με ακρίβεια της κάθε παρτίδας κόμποστ μέσα σε όλη τη διαδικασία. Τέλος, η συνεχής ενημέρωση 24 ώρες την ημέρα είναι σε θέση να λειτουργήσει την εγκατάσταση με πολύ μικρές χειροκίνητες ρυθμίσεις.[1]



Εικόνα 24 υπολογιστής ελέγχου

2.4.13 Βιόφιλτρα

Τα βιολογικά φίλτρα κατασκευάζονται από τεμαχισμένα ροκανίδια και επεξεργάζονται τον αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου κομποστοποίησης. Τα μικρόβια που ζουν στα ροκανίδια εξαλείφουν την οσμή πριν ο αέρας φύγει από το φίλτρο.[1]



Εικόνα 25 βιοφίλτρα

2.4.14 Ωρίμανση



Εικόνα 26 Χώρος ωρίμανσης

Έξω από το χώρο κομποστοποίησης, το υλικό παραμένει για δύο εβδομάδες. Αυτό επιτρέπει στο υλικό να σταθεροποιηθεί σε πιο αργό ρυθμό αποσύνθεσης.[1]

2.4.15 Έλεγχος προϊόντος

Κατά το στάδιο αυτό γίνεται διαχωρισμός των εμπορεύσιμων προϊόντων λιπασματοποίησης σε σωρούς ανάλογα με την ποιότητα.[1] Έτσι, δημιουργούνται οι εξής κατηγορίες:

- Λεπτόκοκκο
- Χονδρόκοκκο
- Υπολείμματα



Εικόνα 27 έλεγχος προϊόντος

2.4.16 Τελικό προϊόν

Το τελικό προϊόν φορτώνεται σε φορτηγά με έναν φορτωτή. Πωλείται το λεπτόκοκκο και το χονδρόκοκκο κόμποστ. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα συσκευασίας του κόμποστ για πώληση σε πελάτες λιανικής.[1]



Εικόνα 28 φόρτωση

2.5 Εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή υπάρχουν τέσσερα εργοστάσια κομποστοποίησης εκ των οποίων τα τρία μόνο λειτουργούν. Το τέταρτο απ' αυτά στην Καλαμάτα έχει ολοκληρωθεί από το 1996 και είναι ένα από τα λίγα εργοστάσια κομποστοποίησης στην Ελλάδα και του οποίου το κόστος ανήλθε στα 900 εκατ. €. Δυστυχώς, κυρίως, λόγω έλλειψης εμπειρίας, το παραγόμενο κόμπποστ δεν είχε την στοιχειακή ποιοτικά σύσταση του λιπάσματος προς αγροτική διάθεση και γι' αυτό το λόγο με εισαγγελική παρέμβαση σταμάτησε η λειτουργία της μονάδας, και ο όγκος των απορριμμάτων περιορίστηκε στην περιοχή της Μαραθόλακας. Τα τρία εργοστάσια που λειτουργούν είναι αυτά των Άνω Λιοσίων, του νομού Χανίων και το εργοστάσιο της εταιρίας Compost Hellas A.E.[2]

2.5.1 Εργοστάσιο μηχανικής ανακύκλωσης και κομποστοποίησης και απορρίμματα (ΕΜΑΚ) Α. Λιοσίων

Το εργοστάσιο αυτό λειτουργεί με αστικά στερεά απόβλητα και επεξεργάζεται 1.200: ΤΟΝΟΥΣ / ΗΜΕΡΑ απορρίμματα, 300: ΤΟΝΟΥΣ / ΗΜΕΡΑ ιλύος και 130: ΤΟΝΟΥΣ / ΗΜΕΡΑ κλαδιά/χόρτα. Λειτουργεί αυτοματοποιημένα και με μηχανικά μέσα διαχωρισμού των συστατικών των απορριμμάτων. Τα χρήσιμα υλικά που παράγονται είναι περίπου 350: ΤΟΝΟΥΣ / ΗΜΕΡΑ compost, 360: ΤΟΝΟΥΣ / ΗΜΕΡΑ RDF, 30: ΤΟΝΟΥΣ / ΗΜΕΡΑ σιδηρούχων, 5: ΤΟΝΟΥΣ / ΗΜΕΡΑ αλουμινίου.[2]

2.5.2 ΕΜΑΚ Χανίων



Εικόνα 29 ΕΜΑΚ

Το εργοστάσιο αυτό λειτουργεί επίσης με σύμμικτα απορρίμματα. Η λειτουργία της εγκατάστασης κομποστοποίησης είναι:

- Τμήμα ταχείας κομποστοποίησης

Το οργανικό κλάσμα που διαχωρίζεται από τα σύμμικτα απορρίμματα στο Τμήμα Μηχανικής Διαλογής, οδηγείται στο Τμήμα Ταχείας Κομποστοποίησης μαζί με ποσότητα συνολικά 40 τόνων ημερησίως κλαδιών και χόρτων που συλλέγονται από την ευρύτερη περιοχή του Δήμου Χανίων.

Για την επίτευξη μικρού μεγέθους οργανικών, χρησιμοποιείται τεμαχιστής οργανικού υλικού και για τα ευμεγέθη οργανικά υλικά που ανακτώνται από τη διαδικασία χειροδιαλογής. Τα τεμαχισμένα οργανικά προωθούνται στην συνέχεια προς την μονάδα ταχείας κομποστοποίησης.

Η Ταχεία κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος πραγματοποιείται σε αντιδραστήρα λιπασματοποίησης υπό ταυτόχρονο αερισμό και ανάδευση. Ο αντιδραστήρας λιπασματοποίησης αποτελείται από κλίνη που περιέχει το προς κομποστοποίηση οργανικό υλικό και από μια γέφυρα που φέρει δύο φορεία έκαστο εκ των οποίων φέρει δύο περιστρεφόμενους κεκλιμένους κοχλίες. Η γέφυρα μετακινείται κατά μήκος της μεγάλης διαστάσεως του κτιρίου κομποστοποίησης και οι κοχλίες επί της γέφυρας κατά πλάτος του αντιδραστήρα σαρώνουν το σύνολο του υλικού εντός του αντιδραστήρα με συχνότητα μια φορά την ημέρα. Η δράση των κοχλιών είναι διπλή: αφ' ενός προωθεί το υλικό προς την έξοδο του αντιδραστήρα και αφ' ετέρου το αναδεύει και το ομογενοποιεί ώστε να ανατάσσει τις διαυλώσεις που τείνει να σχηματίσει ο αέρας, ο οποίος εμφυσάται εντός της κλίνης του υλικού από κάτω προς τα πάνω. Το υλικό παραμένει στην μονάδα ταχείας κομποστοποίησης για χρονικό διάστημα 6 εβδομάδων υπό διαρκή αερισμό και υπό μηχανική ανάδευση τις 3 πρώτες εβδομάδες και υπό ανάδευση τις υπόλοιπες 3. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα προκειμένου να επιτευχθεί η αποδόμηση του βιοαποδομήσιμου οργανικού φορτίου και η παραγωγή ιδιαίτερα λεπτόκοκκου υλικού. Η ταχεία κομποστοποίηση αναπτύσσεται σε δύο γραμμές επεξεργασίας, που αντιστοιχούν σε δύο διακριτά κτίρια.

- Τμήμα ραφινάρισματος του κομποστ

Το παραγόμενο compost από τη μονάδα ταχείας κομποστοποίησης του οδηγείται προς ραφινάρισμα. Η διαδικασία αυτή συνίσταται στο διαχωρισμό του

compost από ξένες προσμίξεις (κυρίως γυαλί, σκληρά πλαστικά, χαλίκια, φύλλα πλαστικού), καθώς και από τα μη πλήρως κομποστοποιημένα οργανικά στερεά.

Ο διαχωρισμός των υλικών με κριτήριο το μέγεθος γίνεται με διέλευση του compost από διάταξη κοσκίνισης αρχικά με χρήση δονητικού κόσκινου τύπου flip-flop με διάμετρο οπών 10mm.

Στη συνέχεια μέσω συστήματος που συνδυάζει αεροδιαχωρισμό με βαλλιστικό διαχωρισμό (βαρυμετρική τράπεζα) παραλαμβάνεται το τελικό, εξευγενισμένο, compost. Το σύστημα επιτυγχάνει τον πλήρη καθαρισμό του compost από τις ξένες προσμίξεις, με βάση το ειδικό βάρος (διαχωρισμός ελαφρών και βαρέων).

Μετά το ραφινάρισμα του compost, τυχόν υπολείμματα μικρομεγεθών σιδηρούχων υλικών διαχωρίζονται με τη βοήθεια ενός μαγνητικού διαχωριστή από τα τυχόν υπάρχοντα σιδηρούχα αντικείμενα. Το compost μετά το ραφινάρισμα παραλαμβάνεται από άλλη μεταφορική ταινία για τη μεταφορά του στην πλατεία χουμοποίησης.

Από τα διαχωριζόμενα υλικά, τα άχρηστα που προέρχονται από τους διαχωρισμούς του Τμήματος Ραφινάρισματος συλλέγονται σε κοντέινερ τα οποία μεταφέρονται με όχημα για τη τελική διάθεσή τους στον παρακείμενο ΧΥΤΥ.

- Τμήμα αποθήκευσης, ωρίμανσης και τυποποίησης του κομποστ

Το παραγόμενο compost, μετά τη φάση του ραφινάρισματος οδηγείται στην ανοικτή πλατεία χουμοποίησης όπου διαστρώνεται σε μορφή σωρών συγκεκριμένων διαστάσεων. Το υλικό παραμένει στην πλατεία χουμοποίησης για διάστημα 4 εβδομάδων, προκειμένου να ολοκληρωθούν οι διεργασίες ωρίμανσης πριν την τελική του διάθεση στην αγορά.

Το 15% του παραγόμενου compost πρέπει να συσκευασθεί, ώστε να διατεθεί στην αγορά σε τυποποιημένη μορφή. Το εν λόγω υλικό προτού εισέλθει στο σύστημα τυποποίησης, αποθηκεύεται σε κλειστή αποθήκη για διάστημα 4 εβδομάδων, προκειμένου να ολοκληρωθεί η ωρίμανσή του. Μετά την ωρίμανσή του ενσακίζεται και αποθηκεύεται μέχρι τη διάθεσή του στην αγορά.[2]

2.5.3 compost Hellas A.E.

Η επιχείρηση ασχολείται με την κομποστοποίηση οργανικών υλών στην Κεφαλονιά από το 1999. Ξεκίνησε ένα πρωτοποριακό πιλοτικό πρόγραμμα λιπασματοποίησης ντόπιων οργανικών υλών και συγκεκριμένα του φυκιού Ποσειδωνία για την παραγωγή φυσικού λιπάσματος. Το παραγόμενο βιολογικό φυσικό λίπασμα "POSIDONIA" IMPOST HELLAS βασίζεται στην ανακύκλωση των φυκιών, που εκβράζονται στις ακτές, από καθαρές θάλασσες της Ελλάδας και επιλεγμένων προϊόντων της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Η παραγωγή του κόμποστ γίνεται σε σειράδια. Περιέχει ελάχιστα βαρέα μέταλλα σε σχέση με τα αντίστοιχα στην Ευρωπαϊκή αγορά. Το προϊόν αυτού του εργοστασίου χαρακτηρίζεται ως κόμποστ υψηλής ποιότητας (A+ CLASS COMPOST) και λόγω της πολύ χαμηλής περιεκτικότητας του σε βαρέα μέταλλα συνεπάγεται τη δυνατότητα εφαρμογής του σε διπλάσιες και τριπλάσιες ποσότητες ανά εκτάριο σύμφωνα με τα διεθνή αποδεκτά συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο χώμα για την προστασία της υγείας του ανθρώπου μέσα απο τη τροφική αλυσίδα.[2]

netherlands limitations (very clean compost)		austria limitations (a class compost)	βιολογικη καλλιεργια (ct/kmfrv. ml kminiki)	posidonia compost hellas (a+ class compost)
chrome	50 mg/kg	70 mg/kg	70 mg/kg	9 - 28 mg/kg
nickel	10 mg/kg	60 mg/kg	25 mg/kg	10 - 35 mg/kg
copper	25 mg/kg	150 mg/kg	70 mg/kg	22 - 33 mg/kg
zinc	75 mg/kg	500 mg/kg	200 mg/kg	32 - 61 mg/kg
cadmium	0.7 mg/kg	1 mg/kg	0.7 mg/kg	0.2 - 0.5 mg/kg
mercury	0.3 mg/kg	0.7 mg/kg	0.4 mg/kg	<0.1 mg/kg
lead	65 mg/kg	120 mg/kg	45 mg/kg	4.3- 11mg/kg

Πίνακας 3 σύγκριση βαρέων μετάλλων και ποσειδώνια

2.6 Κόστος εργοστασίων κομποστοποίησης

Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας μιας μονάδας αερόβιας επεξεργασίας εξαρτάται από τον τύπο της εγκατάστασης, την «καθαρότητα» του εισερχόμενου φορτίου, την τεχνολογία που ακολουθείται και τη δυναμικότητα της εγκατάστασης. Η οικονομικότερη επεξεργασία επιτυγχάνεται στην κομποστοποίηση πράσινων αποβλήτων με ανοιχτά σειράδια. Στην περίπτωση αυτή το κόστος επεξεργασίας (συμπεριλαμβανομένου του ανηγμένου κόστους κατασκευής της μονάδας) ανέρχεται

σε 20-35 €/τόνο αποβλήτων. Στις περιπτώσεις αυτές το παραγόμενο κομπόστ, μπορεί να επιτύχει υψηλές τιμές πώλησης που μπορεί να φτάνουν τα 10-15 €/τόνο για χύμα διάθεση και τα 100 - 120 €/τόνο για ενσασκισμένο στην αγορά λιπασμάτων κι εδαφοβελτιωτικών.

Ωστόσο η μέθοδος των ανοικτών σειραδίων δεν ενδείκνυται όταν στο εισερχόμενο φορτίο εμπεριέχονται και τροφικά υπολείμματα, ακόμα δε περισσότερο όταν το προς επεξεργασία κλάσμα προέρχεται από μηχανική προεπεξεργασία και όχι από διαλογή στη πηγή. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται κλειστά συστήματα με κόστος που παρουσιάζει σημαντική διακύμανση.

Σε ένα τέτοιο ανοικτό σύστημα αερόβιας επεξεργασίας «βέλτιστης διαθέσιμης τεχνολογίας» για την επεξεργασία του βιοαποδομήσιμου κλάσματος, κι αφού έχει επιτευχθεί σημαντικό ποσοστό διαλογής στη πηγή, το λειτουργικό κόστος ανέρχεται σε 35-60 €/τόνο για μια μονάδα δυναμικότητας 20.000 τόνων, χωρίς να συνυπολογίζονται τα πιθανά έσοδα πώλησης των προϊόντων. Σε αυτό το ποσό πρέπει να υπολογιστεί ότι το κόστος επένδυσης αντιστοιχεί σε 150 €/τόνο εγκατεστημένης δυναμικότητας.

Τα αντίστοιχα κόστη για κλειστά συστήματα με σημαντικά ποσοστά καθαρότητας εισερχόμενου φορτίου κινούνται σε υψηλότερες τιμές οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

Κόστος εγκατάστασης από 600 €/τόνο (για δυναμικότητα μικρότερη των 20.000 τόνων/έτος) έως 180 €/τόνο (για δυναμικότητα 120.000 τόνων/έτος).

Κόστος λειτουργίας από 120 €/τόνο (για δυναμικότητα μικρότερη των 20.000 τόνων/έτος) έως 30 €/τόνο (για δυναμικότητα 120.000 τόνων/έτος).

Αναφορικά με τις άλλες τεχνολογίες αερόβιας επεξεργασίας αποβλήτων, τα ενδεικτικά κόστη περιλαμβάνουν:

- Βιολογική ξήρανση: κόστος επένδυσης 150 - 300 €/τόνο και κόστος λειτουργίας 25 - 40 €/τόνο.
- Διύλιση: κόστος επένδυσης της τάξης των 250 €/τόνο και κόστος λειτουργίας της τάξης του 50 - 70€/τόνο

Να σημειωθεί ότι τα λειτουργικά κόστη που αναφέρθηκαν, αφορούν το κόστος λειτουργίας των μονάδων (προσωπικό, ενέργεια, κ.λ.π.). Τα τελικά gate fee

(τέλος εισόδου) των μεθόδων διαμορφώνονται με βάση τον τρόπο χρηματοδότησης του έργου.[2]

2.7 Συστήματα οικιακής κομποστοποίησης

Η ανάγκη της προστασίας του περιβάλλοντος καθιστά, περισσότερο τώρα από ποτέ, επιτακτική την ανκύκλωση των οικιακών απορριμάτων. Παγκοσμίως η ευαισθητοποίηση των ανθρώπων έχει οδηγήσει σε μαζική ανακύκλωση των πιο κοινών τύπων απορριμάτων, όπως είναι το χαρτί, το γυαλί και τα διάφορων ειδών πλαστικά. Επόμενο μεγάλο βήμα σε αυτήν την προσπάθεια είναι η ανακύκλωση των οργανικών απορριμάτων, δηλαδή η κομποστοποίηση. Ο καθένας μας πλέον μπορεί να προμηθευτεί έναν οικιακό αντιδραστήρα κομποστοποίησης. Τα τελευταία χρόνια κυκλοφορεί μια πληθώρα αντιδραστήρων που απαντά στις ανάγκες του εκάστοτε αγοραστή. Υπάρχει, ωστόσο και η δυνατότητα χειροποίητης κατασκευής με πολύ φθηνά υλικά.[5]

2.8 Διάφοροι τύποι κομποστοποιητών

Μπορούμε να διακρίνουμε 6 διαφορετικά είδη αντιδραστήρων κομποστοποίησης, στα οποία θα αναφερθούμε λεπτομερώς παρακάτω.[5]

1. Dalek Composter
2. Compost Tumbler
3. Rolling or Rotating Orb
4. Wooden/Wire Mesh Composter
5. Computerized Indoor Composter
6. Worm Bin Composter

2.8.1 Αντιδραστήρες κομποστοποίησης τύπου Dalek

Ο πιο κοινός αντιδραστήρας κομποστοποίησης είναι ο αντιδραστήρας τύπου Dalek (εικόνα 30). Ο συγκεκριμένος αντιδραστήρας μπορεί να σχεδιαστεί με πολλούς τρόπους, αλλά στην ουσία είναι ένα μεγάλο πλαστικό δοχείο στο οποίο διοχετεύεται αέρας είτε μέσω τρυπών κατά μήκος των πλευρών του ή μέσω ειδικά τοποθετημένων αεραγωγών. Πολλές φορές, αυτοί οι αεραγωγοί είναι ρυθμιζόμενοι ώστε να καταστεί δυνατή η απαιτούμενη κυκλοφορία του αέρα.[5]



Εικόνα 30 κάδος Dalek

Οι αντιδραστήρες αυτού του τύπου σχεδιάζονται με ειδικά συρτάρια ή μικρές πόρτες στη βάση τους που επιτρέπουν στον χρήστη να αφαιρέσει το κομποστοποιημένο προϊόν από τον πυθμένα ενώ ταυτόχρονα προσθέτει νέο οργανικό απόβλητο στην κορυφή. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση του αντιδραστήρα. Πρέπει να τοποθετηθεί σε ένα σημείο του κήπου που να μη εμποδίζεται και να υπάρχει χώμα από κάτω. Χρειάζεται επαφή με το χώμα για να γίνει σωστή αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων που πετάμε μέσα. Στο σχεδιασμό του εν λόγω αντιδραστήρα δεν συμπεριλαμβάνεται κάποιο σύστημα ανάδευσης του υλικού, επομένως αυτό πρέπει να γίνεται χειροκίνητα από τον εκάστοτε χρήστη.

2.8.2 Αντιδραστήρες κομποστοποίησης τύπου Compost Tumbler (Περιστρεφόμενος ή αναδευόμενος αντιδραστήρας)

Ο περιστρεφόμενος αντιδραστήρας τύπου "Mantis" (εικόνα 31) αποτελείται από έναν μεγάλο κυλινδρικό θάλαμο, που είναι τοποθετημένος πάνω σε μία μεταλλική κατασκευή στήριξης.[5]



Εικόνα 31 περιστρεφόμενος τύπου "Mantis"

Ο περιστρεφόμενος αντιδραστήρας τύπου "Mantis" (εικόνα 31) αποτελείται από έναν μεγάλο κυλινδρικό θάλαμο, που είναι τοποθετημένος πάνω σε μία μεταλλική κατασκευή στήριξης.

Ο θάλαμος είναι κατασκευασμένος από γαλβανισμένο χάλυβα με υψηλές αντοχές έναντι διάβρωσης. Το σωληνοειδές πλαίσιο της βάσης είναι επίσης χαλύβδινο. Το εσωτερικό του θαλάμου διαχωρίζεται σε δύο μικρότερα κυλινδρικά διαμερίσματα ίσης χωρητικότητας. Στο πρώτο διαμέρισμα και μέσω αρθρωτής ασφαλισμένης θυρίδας, πραγματοποιείται συνεχής τροφοδοσία του θαλάμου με 'φρέσκο' υλικό. Στο δεύτερο διαμέρισμα, λαμβάνουν χώρα οι κυρίως διεργασίες κομποστοποίησης του εκεί υπάρχοντος υλικού. Παράλληλα, από όμοια θυρίδα με αυτήν του πρώτου διαμερίσματος, γίνεται η παραλαβή του παραγόμενου κόμποστ, η οποία επίσης είναι μια συνεχής διαδικασία. Κατά την τέλεση των περιοδικών εργασιών ανάδευσης, η μετατόπιση του υλικού από το πρώτο στο δεύτερο διαμέρισμα επιτυγχάνεται μέσω μεταλλικού κοχλιωτού αναδευτήρα. Ο αναδευτήρας, που κινείται περιστροφικά μέσω ειδικής λαβής που βρίσκεται στο εξωτερικό τμήμα του θαλάμου, εκτελείαφενός τη λειτουργία μετατόπισης του όγκου του υλικού προς το δεύτερο διαμέρισμα και αφετέρου, τις εργασίες ανάμιξης και ανάδευσης του υλικού. Οι εργασίες αυτές, για το εν λόγω σύστημα, συνίσταται να γίνονται σε ημερήσια βάση. Ο αερισμός του εσωτερικού πραγματοποιείται μέσω δύο ειδικά διαμορφωμένων οπών που βρίσκονται στην επιφάνεια κάθε θυρίδας

Η πιο κοινή κατασκευή περιστρεφόμενου αντιδραστήρα, είναι αυτή της εικόνας 32 (Acrobat Compost Tumbler).



εικόνα 32(Acrobat Compost Tumbler)

Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν κυλινδρικό κάλαθο ο οποίος είναι αναρτημένος επί μεταλλικού πλαισίου για την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών ανάδευσης. Το σωληνοειδές πλαίσιο συγκρατεί τον κάλαθο σε ικανό ύψος από το επίπεδο του εδάφους και διαπερνά το σώμα του θαλάμου, κατά μήκος της διαμέτρου που ορίζει το μέσο της παράπλευρης επιφάνειας. Συγκεκριμένα, το πλαίσιο στηρίζει τον κάλαθο στο κέντρο βάρους του (όταν είναι άδειος). Καθώς ο κάλαθος είναι αναρτημένος, οι εργασίες ανάδευσης επιτυγχάνονται με περιστροφική κίνηση γύρω από τον οριζόντιο άξονα του πλαισίου, που ισοδυναμεί με διαδοχικές ανατροπές του κυλινδρικού θαλάμου. Η τροφοδοσία του υλικού είναι ασυνεχής και πραγματοποιείται από περιστροφικό ασφαλισμένο καπάκι που βρίσκεται σε κάθε μια εκ των δύο βάσεων του θαλάμου. Η συχνότητα ανάδευσης, μέσω της ανατροπής του κάλαθου, είναι μια φορά ανά ημέρα και οι διεργασίες κομποστοποίησης οδηγούν στην παραγωγή περίπου 280 λίτρων κόμποστ ανά δύο μήνες. Η παραλαβή του κόμποστ γίνεται από οποιοδήποτε από τα δύο καπάκια. Ο αερισμός του εσωτερικού, επιτυγχάνεται μέσω διατεταγμένων κυκλικών οπών που βρίσκονται στην επιφάνεια κάθε ενός από τα δύο καπάκια. Το υλικό κατασκευής του κάλαθου είναι πολυπροπυλένιο με στοιχεία αντιδιαβρωτικής προστασίας.

Ο εικονιζόμενος αντιδραστήρας (εικόνα 33) είναι ένας από τους λίγους φορητούς αντιδραστήρες που κυκλοφορούν στην αγορά. Το σύστημα φέρει ένα ζεύγος τροχών στο πίσω μέρος του σκελετού καθιστούν πολύ εύκολη την

μετακίνηση του αντιδραστήρα. Αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την απόρριψη για παράδειγμα του προϊόντος της κομποστοποίησης σε διάφορα μέρη του κήπου χωρίς ιδιαίτερη ταλαιπωρία.



Εικόνα 33 φορητός κάδος

Το κυρίως στέλεχος του συστήματος αυτού αποτελεί ένας κυλινδρικός θάλαμος, ο οποίος αναρτάται επί ειδικού πλαισίου στήριξης και περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από τον άξονά του, αναδεύοντας το υλικό στο εσωτερικό. Το σωληνοειδές πλαίσιο στήριξης, συγκρατεί τον κύλινδρο στην προέκταση του νοητού άξονα περιστροφής, σε ικανό ύψος από το έδαφος.

Η τροφοδοσία του υλικού και η παραλαβή του κόμποστ, γίνεται από αρθρωτό και ασφαλισμένο καπάκι, που καλύπτει σχετικά μεγάλο τμήμα της παράπλευρης επιφάνειας του θαλάμου.

Επιπλέον, επί της παράπλευρης επιφάνειας είναι διατεταγμένες και οι οπές αερισμού. Οι οπές αυτές είναι καλυμμένες με πλέγμα ώστε αφ' ενός να "αναπνέει" το κόμποστ και αφ' ετέρου να απαγορεύουν την είσοδο σε διάφορους επιβλαβείς μικροοργανισμούς. Στην εσωτερική πλευρά του αντιδραστήρα υπάρχει μονωτική επίστρωση που βοηθά τη θερμότητα να διατηρείται στο εσωτερικό. Τέλος τέσσερις λεπίδες βοηθούν στην ανάδευση και στη διάσπαση συσσωματωμάτων.[5]

2.8.3 Αντιδραστήρας κομποστοποίησης τύπου Rolling or Rotating Orb Composter (Κυλιόμενος αντιδραστήρας)

Ο αντιδραστήρας του παρακάτω σχήματος (εικόνα 34) διακρίνεται για το σφαιρικό του σχήμα και τον υψηλό βαθμό ανάπτυξης, εξάπλωσης και διατήρησης των θερμοφιλικών συνθηκών στα αρχικά στάδια των διεργασιών αερόβιας αποδόμησης. Τα υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας που αναπτύσσονται στον πυρήνα των διεργασιών λόγω της μικροβιακής δραστηριότητας, διαχέονται ομοιόμορφα στον όγκο του οργανικού υλικού και εξαιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του αντιδραστήρα, διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η τροφοδοσία του υλικού και η παραλαβή του κόμποστ, πραγματοποιούνται από το ειδικά διαμορφωμένο περιστροφικό καπάκι, το οποίο παραμένει ερμητικά κλειστό κατά τη διαδικασία ανάδευσης. Λόγω του σφαιρικού σχήματος του, ο αντιδραστήρας μετακινείται επί του εδάφους ωθούμενος χειρωνακτικά και το υλικό στο εσωτερικό του αναδεύεται κατά τη διάρκεια της κίνησης. Η συχνότητα ανάδευσης είναι μια φορά ανά εβδομάδα, ενώ ο απαιτούμενος αέρας εισέρχεται στο εσωτερικό από οπές κυκλικού σχήματος που είναι διατεταγμένες στην επιφάνεια της σφαίρας. Η σφαίρα είναι μαύρου χρώματος για την απορρόφηση της θερμότητας του ηλιακού φωτός, διατηρώντας παράλληλα τα υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας στο εσωτερικό. Οι διεργασίες αποδόμησης με χρήση του εν λόγω συστήματος πραγματοποιούνται απουσία δυσάρεστων οσμών. Σε περιπτώσεις όπου στην περιοχή πνέουν ισχυροί άνεμοι, το σύστημα μέσω ειδικών εξαρτημάτων σταθεροποιείται επί του εδάφους.



Εικόνα 34 κάδοι από ανακυκλωμένα υλικά

Ο αντιδραστήρας κυκλοφορεί στο εμπόριο με το όνομα "EcoTumbler". Η ανάπτυξη και ο σχεδιασμός του διήρκεσαν 5 χρόνια, αλλά το αποτέλεσμα ήταν η

δημιουργία ενός αντιδραστήρα που ενσωματώνει τεχνολογίες αιχμής. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι κατασκευασμένο εξ' ολοκλήρου από ανακυκλωμένα υλικά. Το σφαιρικό σχήμα το σκούρο χρώμα, η βάση του και οι κυλινδρικοί αεραγωγοί (εικόνα 35) βοηθούν στην παραγωγή ποιοτικού κόμποστ μέσα σε 4-6 εβδομάδες. Πιο συγκεκριμένα, ο αντιδραστήρας έρχεται σε επαφή με τη βάση μέσω μικρών τροχών οι οποίοι επιτρέπουν την τυχαία περιστροφική κίνηση του. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως η ανάδευση του υλικού μέσα στον αντιδραστήρα επιτυγχάνεται πολύ εύκολα με την απλή κύλισή του. Το σκούρο χρώμα του συστήματος βοηθά στην απορρόφηση θερμότητας μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, κάτι που κρίνεται απαραίτητο ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία σε επίπεδα που επιτρέπουν τη διεργασία της βιοαποδόμησης. Οι διάφορων μηκών αεραγωγοί διοχετεύουν αέρα σε όλο τον όγκο του υλικού, που βρίσκεται μέσα στο σύστημα κάθε στιγμή.

Η χωρητικότητά του είναι περίπου 270 λίτρα και η διάμετρός του 81 εκατοστά. Όπως και στην πλειοψηφία των κυλιόμενων αντιδραστήρων, έτσι κι εδώ η τροφοδοσία είναι ασυνεχής, δηλαδή για να προστεθεί οργανικό υπόλειμμα θα πρέπει πρώτα να αφαιρεθεί η προηγούμενη παρτίδα.[5]

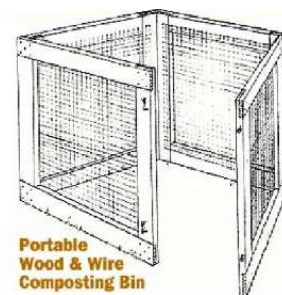
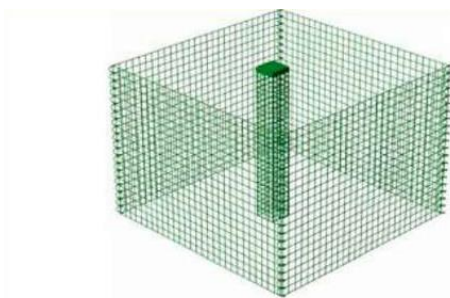
2.8.4 Wooden / Wire Mesh Composter (Ξύλινοι/συρμάτινοι κομποστοποιητές)

Οι ξύλινοι κομποστοποιητές (εικόνα 35) είναι κυβικές κατασκευές από ξύλο. Τα κομμάτια ξύλου τοποθετούνται σε κάποια μικρή απόσταση μεταξύ τους ώστε να υπάρχει επαρκής κυκλοφορία του αέρα. Η κατασκευή είναι σχετικά εύκολη και μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας παλέτες. Απαραίτητη είναι η συχνή ανάδευση του αντιδραστήρα με τη χρήση εργαλείων ή με το χέρι.



Εικόνα 35 ξύλινοι κομποστοποιητές

Στα πλεονεκτήματα του εν λόγω αντιδραστήρα συγκαταλέγεται η πολύ μεγάλη χωρητικότητά του, ο άφθονος αερισμός και η ευκολία κατασκευής του με τη χρήση πολύ χαμηλού κόστους υλικών. Μειονέκτημα αποτελεί η δυσκολία ανάδευσης και η εξαιρετικά χρονοβόρα διαδικασία της παραγωγής του ώριμου κόμποστ. Όπως φαίνεται και παρακάτω (εικόνα 36) η κατασκευή τέτοιων αντιδραστήρων μπορεί να γίνει με τη χρήση ξύλου, πλέγματος (σιδερένιου ή πλαστικού), ακόμα και με συνδυασμό των δύο. Τέτοιου είδους κατασκευές μπορούν να γίνουν εξ' ολοκλήρου από τον χρήστη με πολύ χαμηλό κόστος και γι' αυτόν το λόγο αποτελούν εξαιρετική λύση. Απαραίτητη, ωστόσο, είναι η προϋπόθεση να υπάρχει ένας κήπος για να τοποθετηθεί η κατασκευή.[5]



Εικόνα 36 Αντιδραστήρας συρμάτινος

2.8.5 Computerized Indoor Composter (Ηλεκτρονικός κομποστοποιητής εσωτερικού χώρου)

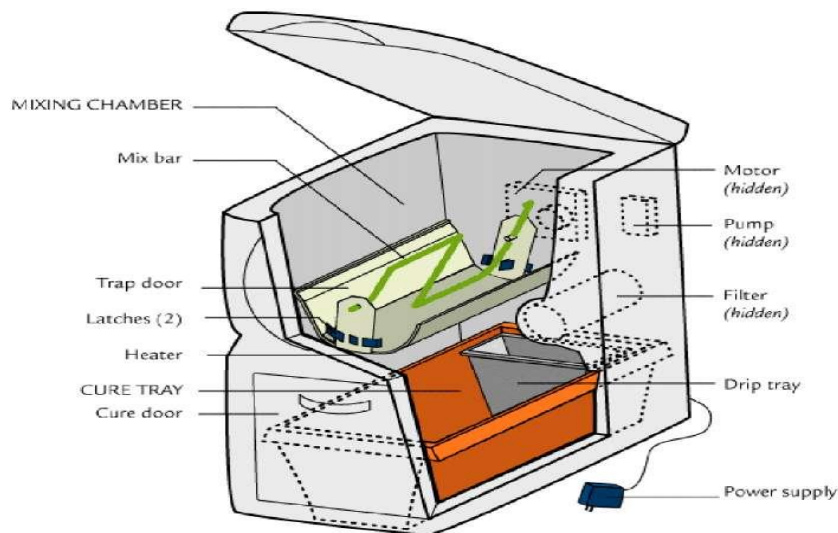
Οι κομποστοποιητές εσωτερικού χώρου προσφέρονται πλέον με διάφορα "έξυπνα" ηλεκτρονικά συστήματα που υπολογίζουν την ποσότητα του οργανικού αποβλήτου, προσθέτουν νερό και διατηρούν τις κατάλληλες θερμοκρασίες ώστε να

επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή αποσύνθεση. Υπάρχει επίσης ηλεκτρονικό σύστημα ανάδευσης και απόρριψης του ώριμου κόμποστ σε αφαιρούμενο συρτάρι, που διευκολύνει τη μεταφορά του στον κήπο ή σε μία γλάστρα.

Στην εικόνα 37 βλέπουμε ένα σχηματικό διάγραμμα της λειτουργίας του αντιδραστήρα της Αμερικάνικης εταιρίας Nature Mill.



Εικόνα 37 αντιδραστήρα της Αμερικάνικης εταιρίας Nature Mill



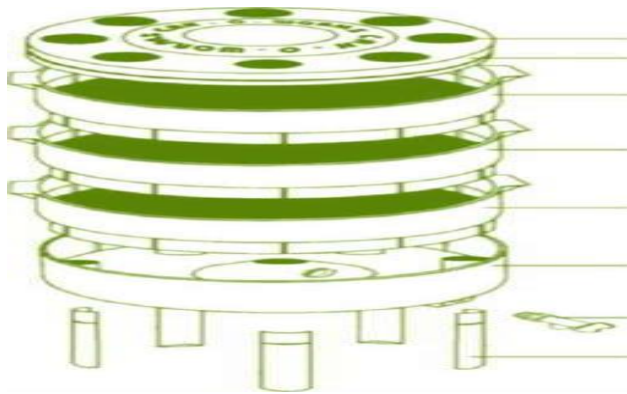
Εικόνα 38 αντιδραστήρας της Αμερικάνικης εταιρίας Nature Mill

Απ' ότι παρατηρούμε από την εικόνα 38 ο εν λόγω αντιδραστήρας είναι εξοπλισμένος με ηλεκτρονικά συστήματα που βοηθούν στην ανάδευση, στην διατήρηση της θερμοκρασίας σε υψηλά επίπεδα, στην αποφυγή οσμών, και τέλος στη συλλογή των στραγγισμάτων και του τελικού προϊόντος. Το τελικό προϊόν λαμβάνεται, αφού

πρώτα έχει υπάρξει προειδοποίηση με την λειτουργία μίας λυχνίας στην πρόσοψη του αντιδραστήρα. [5]

2.8.6 worm bins

Η κατηγορία των αντιδραστήρων αυτών χρησιμοποιεί την αρχή της βιοαποδόμησης των οργανικών οικιακών αποβλήτων με τη βοήθεια κόκκινων σκωληκίων.



Εικόνα 39 worm bins

Το σύστημα συγκροτεί ένας κυλινδρικός αντιδραστήρας, στο εσωτερικό του οποίου πραγματοποιούνται οι διεργασίες αποδόμησης του οργανικού υλικού από πληθυσμούς σκωληκίων.

Η τροφοδοσία του υλικού είναι συνεχής και επιτυγχάνεται από αποσπώμενο κυκλικό και ασφαλισμένο καπάκι, που καλύπτει ολόκληρη την άνω βάση του κυλινδρικού θαλάμου. Κατά την έναρξη χρήσης του συστήματος, οι απαιτούμενοι αρχικοί πληθυσμοί σκωληκίων τοποθετούνται στο εσωτερικό του κάλαθου, πάνω σε προστατευτικό υπόστρωμα που αποτελείται από μικρά κομμάτια χαρτιού και ξηρά φυλλώματα δέντρων. Στη συνέχεια, εισέρχεται το οργανικό υλικό που εξαπλώνεται σε όλη την κυκλική επιφάνεια επί του υποστρώματος. Ακολούθως, για κάθε τροφοδοσία νέων ποσοτήτων 'φρέσκου' υλικού, δημιουργείται ένα νέο υπόστρωμα πάνω στο οποίο τοποθετείται το υλικό αυτό. Με τον τρόπο αυτό, διατάσσονται επάλληλες εναλλασσόμενες στρώσεις υποστρωμάτων και ποσοτήτων οργανικού υλικού στην καθ' ύψος διάσταση του αντιδραστήρα. Στο τελευταίο επίπεδο λαμβάνεται το στράγγισμα ενώ στο αμέσως πιο πάνω επίπεδο γίνεται η συγκομιδή του στερεού, ώριμου κόμποστ.

Η μέθοδος αυτή είναι εξαιρετικά χρονοβόρα, αφού χρειάζονται κάποιοι μήνες για να αναπαραχθούν τα σκουλήκια. Επίσης απαιτείται μεγάλη προσοχή, ώστε να διατηρηθούν οι απαραίτητες προϋποθέσεις (pH, θερμοκρασία) για το ζωτικό περιβάλλον των σκουλικιών. Άλλωστε, χρειάζεται αρκετός χρόνος και αρκετή δουλειά για να ετοιμάσουμε τον αντιδραστήρα ώστε να δεχτεί οργανικά απόβλητα. Μεγάλο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου αντιδραστήρα είναι η αισθητή μείωση των οσμών σε σχέση με τους συμβατικούς αντιδραστήρες. Αυτό καθιστά εύκολη τη χρήση του αντιδραστήρα μέσα στο σπίτι.[5]



Εικόνα 40 σκουλήκια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

3.1 Εισαγωγή

Για να υπερνικηθούν οι δυσκολίες που αφορούν τον αερισμό του υποστρώματος και τη μεταφοράς οξυγόνου σε όλα τα στρώματα, καθώς επίσης και για να αυξηθούν οι ποσότητες άνθρακα και αζώτου μέσα στο σωρό, γίνεται προσθήκη κάποιων υλικών με χαρακτηριστική δομή και σύνθεση που συντελούν στην επιτάχυνση της διεργασίας. Ο όρος πρόσθετο αναφέρεται στο υλικό εκείνο, το οποίο προστίθεται στο υπόστρωμα τροφοδοσίας, με στόχο τη μείωση του ειδικού βάρους και την αύξηση του πορώδους, ώστε να διευκολύνεται ο αερισμός ή η αύξηση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων οργανικών υλικών στο μείγμα. Στα πρόσθετα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί περιλαμβάνονται ορυκτά όπως ο ζεόλιθος, ο βερμικουλίτης και ο περλίτης αλλά και ροκανίδι, πριονίδι, άχυρο, τύρφη, πυρηνόξυλο, κοπριά, και ώριμο κόμποστ. Το ιδανικό «πρόσθετο» πρέπει να είναι ξηρό, να έχει μικρό ειδικό βάρος και να βιοαποδομείται σχετικά εύκολα. [9]

3.2 Πριονίδι , ροκανίδι

Πρόκειται για μικρά κομμάτια ξύλου (ξύσματα) που προέρχονται από τη βασική κατεργασία του. Αυτά όταν προστίθενται στο κόμποστ αυξάνουν το πορώδες και διευκολύνουν τον αερισμό του, προσλαμβάνοντας ποσοστό υγρασίας. Τέλος αυξάνουν την περιεκτικότητά του σε άνθρακα και για αυτό χρησιμοποιείται όταν το μίγμα είναι πλούσιο σε άζωτο π.χ. εκτεταμένη προσθήκη πράσινων υλικών. Είναι σημαντικό η προέλευση του να είναι από φυσική ξυλεία, χωρίς χημικά πρόσθετα. Τα συνθετικά ξύλα όπως MDF, μελαμίνες κ.λ.π δεν δίνουν κατάλληλο για κομποστοποίηση πριονίδι.[8]



Εικόνα 41 Πριονίδι

3.3 Ζεόλιθος

Η ιστορία των ζεόλιθων ξεκινάει το 1756, όταν ανακαλύπτονται από τον Σουηδό ορυκτολόγο Cronstedt, που τους περιγράφει ως μια καινούρια κατηγορία ορυκτών, τα οποία αποτελούνται από ενυδατωμένα αργιλλοπυριτικά των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών. Οι ζεόλιθοι που εμφανίζονται συχνότερα είναι οι: κλινοππιλόλιθος, μορδενίτης, χαβαζίτης, αναλκιμίτης, φιλιψίτης, εριονίτης και ευλανδίτης. Οι ζεόλιθοι έχουν πολλές σημαντικές ιδιότητες με κύριες την εκλεκτικότητα σχήματος και την ανταλλαγή ιόντων, που τους καθιστούν πολύτιμα εργαλεία τόσο στην πετρελαϊκή βιομηχανία ως καταλύτες, όσο και σε άλλους βασικούς βιομηχανικούς τομείς, όπως στις διεργασίες προσρόφησης, ξήρανσης, διαχωρισμού (μοριακά κόσκινα) και στα απορρυπαντικά. Ακόμα, έχουν μεγάλη δεκτικότητα στις τροποποιήσεις και έντονη ικανότητα προσρόφησης, με συνέπεια τη δημιουργία νέων δομών κατάλληλων για διάφορες εφαρμογές.[8]



Εικόνα 42 Ζεόλιθος

Χρήσεις

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως στο εξωτερικό αλλά και στη χώρα μας ο ζεόλιθος μπορεί να βρει αρκετές εφαρμογές, όπως :

- Στις αγροκαλλιέργειες, για τη βελτίωση της απόδοσης του εδάφους.
- Στην οικοδομική, τόσο ως δομικοί λίθοι όσο και στην παραγωγή τσιμέντων.
- Σε αποσμητικά κτηνοτροφικών μονάδων καθώς βοηθάει στον έλεγχο των οσμών - κυρίως αμμωνίας και υδρόθειου- σε χώρους συντήρησης και αποθήκευσης τροφίμων.
- Στις ιχθυοκαλλιέργειες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το φιλτράρισμα του νερού και για την απορρόφηση της αμμωνίας.

- Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται στα φίλτρα για την δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων βλαβερών ενώσεων.
- Στην κτηνοτροφία, ως ενισχυτικό στη διατροφή των χοίρων, των πουλερικών και των αιγοπροβάτων.
- Στη μείωση της ρύπανσης και του ευτροφισμού των θαλασσών, καθώς μπορεί να εφαρμοστεί ως υποκατάστατο των φωσφορικών αλάτων από τα απορρυπαντικά.
- Για την αποσκλήρυνση του νερού, όπου επέρχεται αντικατάσταση των ιόντων ασβεστίου-μαγνησίου, από ιόντα νατρίου.
- Στην αποθήκευση ηλιακής ενέργειας με τη δέσμευση και απελευθέρωση θερμοκρασίας από ηλιακή ακτινοβολία σε εγκαταστάσεις κλιματισμού και θέρμανσης του νερού.
- Στη χαρτοβιομηχανία ως πληρωτικό υλικό.
- Εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο λόγω της εκλεκτικής ικανότητας των ζεόλιθων να απορροφούν το άζωτο από την ατμόσφαιρα.
- Στον καθαρισμό διαφόρων τύπων λυμάτων (αστικά, βιομηχανικά, γεωργικά, ραδιενεργά απόβλητα), όπως π.χ. αφαίρεση της αμμωνίας από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.
- Σε αποξηραντικά και απορροφητικά υλικά.
- Στην βιομηχανία καταλυτών. [2]

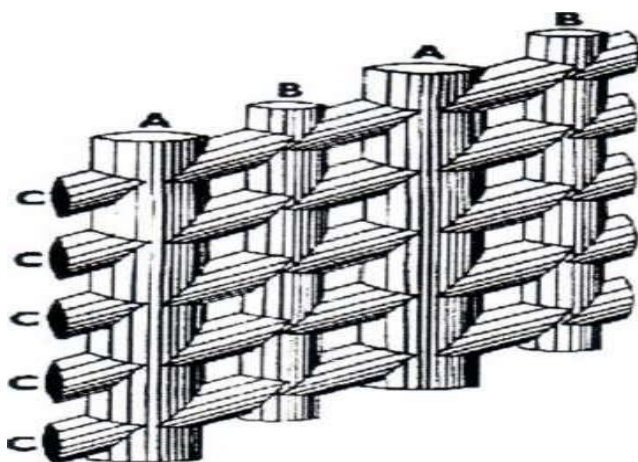
3.4 Κλινοπτινόλιθος

Ο κλινοπτινόλιθος συναντάται στη φύση σε ιζηματογενή αποθέματα και μαζί με τον ευλανδίτη αποτελούν το πιο συχνά απαντώμενο ζεολιθικό είδος. Η πρώτη αναφορά στον κλινοπτιλόλιθο γίνεται το 1890 από τον Pirson, ο οποίος τον αναγνώρισε άστοχα ως μορδενίτη, καθώς ο κλινοπτιλόλιθος ανήκει στην ομάδα του ευλανδίτη.

Χαρακτηρίζεται ως ευλανδίτης υψηλής περιεκτικότητας σε πυρίτιο, καθώς ο λόγος Si/Al ποικίλει από 4,2 έως 5,25 για τον κλινοπτιλόλιθο, ενώ για τον ευλανδίτη ξεκινάει από ένα ελάχιστο, περίπου από 2,7. Ο κλινοπτιλόλιθος αφυδατώνεται με δυσκολία και η σταθερότητά του αυτή χαρακτηρίζεται από την ικανότητα άμεσης επαναπροσρόφησης νερού και διοξειδίου του άνθρακος. Η συνολική θεωρητική ιοντοεναλλακτική ικανότητα του κλινοπτιλόλιθου κυμαίνεται μεταξύ 1,6 και 2,8 meq/g.

Δομή

Η δομή του κλινοπτιλόλιθου χαρακτηρίζεται από τη διαμόρφωση ενός τετραέδρου. Κάθε ένα τετράεδρο του κλινοπτιλόλιθου ανήκει από κοινού σε ένα τετραμελή και ένα πενταμελή δακτύλιο από Si και Al, ενώ οι μονάδες (βί,Al,O) είναι διατεταγμένες σε στοιβάδες. Η κάθε στοιβάδα διασταυρώνεται με άλλες μέσω δεσμών Si - O - Si και Si - O - Al. [24] Επίσης ο κλινοπτιλόλιθος εμφανίζει υψηλή θερμική σταθερότητα πάνω από τους 800°C, σε αντίθεση με τον ευλανδίτη που σε θερμοκρασία 500 - 550°C καταστρέφεται η δομή του. Τούτο δικαιολογείται από την υψηλή τιμή του λόγου Si/Al που εμφανίζεται στον κλινοπτιλόλιθο όπως και από την υψηλή του περιεκτικότητα σε ιόντα K⁺, καθώς ο δεσμός Si — O — Si είναι πιο σταθερός από το δεσμό Al - O - Si.



Εικόνα 43 Η δομή του κλινοπτιλόλιθου

Χρησιμοποιείται ως :

- Εδαφολογικό εδαφοβελτιωτικό.
- Βελτιωτικό του μέσου αποδοτικότητας λιπάσματος.
- Γεωπονικό ροφητήρα ανάπτυξης των φυτών.
- Μεταφορέας για ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και άλλες οργανικές ενώσεις.
- Επανορθωτικό του χώματος που μολύνεται με τα ραδιενεργά νουκλεΐδια και τα βαριά μέταλλα

Ο κάθε ζεόλιθος που περιέχει ιόντα αμμωνίου και καλίου μπορεί να προστεθεί στο έδαφος ως εδαφοβελτιωτικό. Τα θρεπτικά ιόντα απελευθερώνονται σταδιακά μέσα σε μεγάλα χρονικά διαστήματα, και λειτουργούν ως ανόργανα λιπάσματα για την ανάπτυξη των φυτών. Αυτό συμβαίνει και στον κλινοπτιλόλιθο, όπου η μεγάλη εκλεκτικότητά του έχει ως αποτέλεσμα την αργή απελευθέρωση της αμμωνίας και

έτσι βελτιώνει την ικανότητα κατακράτησης αζώτου από το έδαφος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο έλεγχος του pH σχετίζεται με την ικανότητα των ζεολίθων να δρουν ως μέσο, το οποίο προστιθέμενο στο έδαφος αυξάνει την ικανότητά του να δεσμεύει το άζωτο αλλά και την υγρασία. Ο έλεγχος, λοιπόν, του pH και της υγρασίας καθώς και η ικανότητα του κλινοπτιλόλιθου να δεσμεύει την αμμωνία που παράγεται κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης, και να απελευθερώνει σταδιακά τα θρεπτικά ιόντα στο έδαφος μετά την απόθεση του κόμποστ, αποτελούν τους λόγους για τους οποίους επελέγει το συγκεκριμένο ορυκτό ως πρόσθετο στο αρχικό υπόστρωμα. [2]

3.5 Βερμικουλίτης

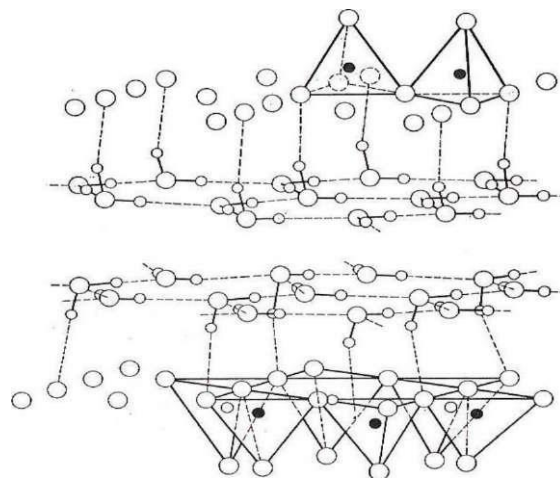
Το όνομα του βερμικουλίτη προέρχεται από το λατινικό "Vermicular" και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από το Webb για το χαρακτηρισμό κάποιων υλικών.

Από το χημικό τύπο φαίνεται να περιέχουν σημαντική ποσότητα μαγνησίου και σιδήρου. Όπως και οι μοντμοριλονίτες το ίδιο και οι βερμικουλίτες έχουν υψηλή ικανότητα ιοντοεναλλαγής. Στην ιοντοεναλλακτική ικανότητα του βερμικουλίτη σημαντικό ρόλο παίζει το ιόν Mg^{2+} , που φαίνεται να είναι το χαρακτηριστικό ιόν που συμμετέχει στην ιοντοεναλλαγή. Από όλα τα αργιλοπυριτικά ορυκτά ο βερμικουλίτης έχει τη μεγαλύτερη ιοντοεναλλακτική ικανότητα.

Η ιοντοεναλλακτική ικανότητα των αργίλων οφείλεται, κυρίως, σε αντικαταστάσεις στο κρυσταλλικό πλέγμα ιόντων τετρασθενούς πυριτίου με ιόντα τρισθενούς αργιλίου στο τετραεδρικό στρώμα και ιόντων αργιλίου με ιόντα μικρότερου σθένους, κυρίως μαγνησίου, στο οκταεδρικό στρώμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία φορτίων στις δομικές μονάδες των αργίλων και επομένως την ανάπτυξη ικανότητας ιοντοεναλλαγής. Στον βερμικουλίτη οι αντικαταστάσεις αυτές του δίνουν το 80% της ικανότητας ιοντοεναλλαγής του. [9]

Δομή

Η δομή αποτελείται από φύλλα τριοκταεδρικής μίκας ή τάλη διαχωριζόμενα από στρώματα μορίων νερού τα οποία καταλαμβάνουν ένα συγκεκριμένο χώρο της τάξης των 4,98Å που είναι περίπου το πάχος δύο μορίων νερού. Επομένως στη φυσική του μορφή, το ορυκτό αποτελείται από μια αλλοιωμένη μορφή μίκας και διπλά στρώματα νερού. Η δομή του βερμικουλίτη είναι ανισόρροπη κυρίως λόγω των αντικαταστάσεων Si^{4+} από Al^{3+} . Αυτές οι αντικαταστάσεις εξισορροπούνται μερικώς από άλλες αντικαταστάσεις στο πλέγμα της μίκας αλλά πάντα υπάρχει μια ανεπάρκεια φορτίου. Αυτή η ανεπάρκεια φορτίου ικανοποιείται από κατιόντα τα οποία βρίσκονται κυρίως μεταξύ των στρωμάτων μίκας και είναι ιδιαίτερα εναλλάξιμα.



Εικόνα 44 Η δομή του βερμικουλίτη



Εικόνα 45 βερμικουλίτης

Χρήσεις

Οι χρήσεις του θερμικά επεξεργασμένου βερμικουλίτη εξαρτώνται απ' το μέγεθος των κόκκων του υλικού και κατά συνέπεια από το βαθμό μηχανικής άλεσης που έχει υποστεί αυτό. Χρησιμοποιείται σε ορισμένους τομείς της βιομηχανίας, στις οικοδομικές εργασίες, στη γεωργία και στο περιβάλλον. Ο ενεργοποιημένος με οξέα βερμικουλίτης είναι ένας αποτελεσματικός καταλύτης για την πυρόλυση (cracking) βαρέων καυσίμων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη εξαγωγή βενζίνης από αυτά. [2] Η ικανότητα του βερμικουλίτη ως ορυκτό να δεσμεύει ιόντα αμμωνίου κατά την διεργασία της κομποστοποίησης και να διοχετεύει τα θρεπτικά ιόντα σταδιακά στο έδαφος μετά την απόθεση του κόμποστ, καθώς και ο έλεγχος του pH και της υγρασίας αποτελούν σημαντικούς λόγους για να επιλεγεί το συγκεκριμένο ορυκτό ως πρόσθετο κομποστοποίησης. Ο μη επεξεργασμένος βερμικουλίτης χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για τον καθαρισμό του νερού π.χ. από την προσρόφηση τοξικών μετάλλων όπως pb, zn, kd.

3.6 Περλίτης

Ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειογενές υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα του οποίου η γενεσιουργός αιτία είναι η όξινη λαβα, που εγχύθηκε επιφανειακά ή υποθαλάσσια κατά την διάρκεια ηφαιστειακών δραστηριοτήτων. Η τελευταία στην συνέχεια ψύχθηκε και στερεοποιήθηκε ταχύτατα, υπό συνθήκες που δεν επέτρεψαν στα άτομα του ορυκτού να τοποθετηθούν σε σχηματισμούς κρυσταλλικού πλέγματος, γεγονός που έδωσε τελικά στον περλίτη την υαλώδη μορφή του. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επέδρασε για τον σχηματισμό του περλίτη ήταν η παρουσία νερού και διαφόρων αερίων που παγιδεύτηκαν στην μάζα του, την στιγμή της ψύξης και στερεοποίησης του. Το όνομα προέρχεται από την υφή του που χαρακτηρίζεται από την παρουσία κόκκων, θυμίζοντας μικρά μαργαριτάρια (πέρλες). Πετρογραφικά ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειογενές υλικό. Έχει χαρακτηριστική περλιτική δομή που αποτελείται από ομόκεντρα σπασίματα τα οποία μοιάζουν με πέρλες που είναι τοποθετημένες σε όλο το γυαλί, άλλοτε κυκλικά και άλλοτε σε πολυγωνικούς σχηματισμούς. Αυτό είναι και το έντονο χαρακτηριστικό του περλίτη. Τα προαναφερθέντα σπασίματα είναι φαινόμενο που παρατηρείται σε όξινα γυαλιά. [2]

SiO ₂	71 - 75%
Al ₂ O ₃	12,5 - 13,8%
Na ₂ O	3,8 - 4,2%
K ₂ O	3,3 - 4,7%
CaO	0,8 - 1,5%
MgO	0,4 - 0,7%
Fe ₂ O ₃	0,7 - 1,5%
S and SO ₃	0%
L.O.I.	2,2 - 4,5%

Πίνακας 4 Χημική σύσταση περλίτη

Το υλικό το οποίο εξορύσσεται αρχικά αλέθεται, διαχωρίζεται και στη συνέχεια υφίσταται θερμική επεξεργασία στους 900 - 1.000 °C. Κατά τη διάρκεια αυτής της επεξεργασίας οι μικρές ποσότητες νερού που υπάρχουν στα μικροτεμάχια του ακατέργαστου περλίτη μετατρέπονται σε ατμό με αποτέλεσμα τη διόγκωση του αρχικού όγκου κατά 4 - 20 φορές και τη μετατροπή του σε σπογγώδεις κόκκους πολύ μικρού βάρους. Η υψηλή θερμοκρασία της επεξεργασίας αυτής έχει ως αποτέλεσμα την απόδοση ενός αποστειρωμένου υλικού. Η επιφάνεια του κάθε τεμαχιδίου αυξάνεται σημαντικά και οι κοιλότητες που υπάρχουν στην επιφάνειά τους απορροφούν το νερό. Ο περλίτης είναι σχετικά ουδέτερο υλικό με pH από 7,0 - 7,5 αλλά δεν παρουσιάζει ρυθμιστική ικανότητα και επίσης δεν προσφέρει θρεπτικά στοιχεία.

Η Ελλάδα είναι η χώρα από την οποία εξορύσσονται οι μεγαλύτερες ποσότητες σε παγκόσμιο επίπεδο. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα έτη 2003 και το 2004 από το σύνολο των εξαγωγών κατεργασμένου περλίτη της Ελλάδας, ο οικοδομικός τομέας (δομικά υλικά και επιχρίσματα) απορρόφησε το 58% - 59%, οι γεωργικές χρήσεις (υδροπονία και παραγωγή ανθοκομικών μειγμάτων) το 28% - 30% και οι άλλες χρήσεις (διηθητικά μέσα, κρυογενείς μονώσεις) το υπόλοιπο 11% - 14%. Είναι φανερό πως ο περλίτης έχει μεγάλη ποικιλία εφαρμογών αλλά αυτό που τον κάνει να υπερέχει είναι η χαμηλή του τιμή. Έτσι ο μέσος όρος τιμής του διογκωμένου περλίτη ανά τόνο, είναι για εγκαταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών €420, για πληρωτικό €411 για βοηθητικό διηθήσεως €329, για ανθοκηπουρική χρήση €325, για οικοδομικό υλικό €150. Οι τιμές εξαρτώνται από την κοκκομετρία, την ποιότητα και την εφαρμογή. Η τιμή του ακατέργαστου περλίτη είναι περίπου 320€/tn, ενώ ένας σάκος κατεργασμένου περλίτη κοστίζει περίπου 10 - 15 ευρώ.[8]



Εικόνα 46 περλίτης

Δομές

Οι περλίτες που έχουν οικονομική σημασία εμφανίζονται με μια ποικιλία δομών που φαίνεται ότι σχετίζονται με το βάθος σχηματισμού τους. Στα κοιτάσματα εμφανίζονται οι εξής δομές:

Κισσηρώδης

Εμφανίζεται κοντά στην επιφάνεια. Πρόκειται για περλίτη με μικρόειδικό βάρος, ο οποίος δεν επηρεάστηκε από τη λιθοστατική πίεση. Με το βάθος οι φυσαλίδες της κίσηρης γίνονται πιο επίπεδες, ενώ παρατηρείται επιμήκυνση κατά μήκος ροής. Αν και ο περλίτης αυτός μπορεί να διογκωθεί, η σημασία του γενικά είναι μικρή λόγω της ευθρυπτότητάς του.

Κοκκώδης

Ο περλίτης με κοκκώδη δομή είναι πιο συμπαγής, έχει ζαχαρώδη εμφάνιση και είναι πιο σημαντικός από οικονομική άποψη, λόγω της μεγαλύτερης ευκολίας κατά την κονιοποίηση, ταξινόμηση και διόγκωση. Συχνά εμφανίζονται ρευστικές δομές.[4]

Τυπική περλιτική

Το υλικό με την κλασσική περλιτική δομή εμφανίζεται κάτω από το προηγούμενο. Ο περλίτης έχει προκύψει από ενυδάτωση οψιδιανού ο οποίος διατηρείται.

Χρήσεις

Το πεδίο εφαρμογών του περλίτη είναι τεράστιο και ολοένα διευρύνεται. Όλες όμως σχεδόν οι χρήσεις αφορούν τον διογκωμένο περλίτη που συνδυάζει ένα πλήθος ιδιοτήτων: μικρό μοριακό βάρος, τεράστια ειδική επιφάνεια και πορώδες, δυνατότητα κατεργασίας της επιφάνειας του περλίτη και μετατροπή της σε υδρόφοβη. Γενικά οι χρήσεις του περλίτη μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες:

Κατασκευαστικές εφαρμογές

Ως υλικό χαμηλής πυκνότητας με εξαιρετικές ιδιότητες θερμομόνωσης και ηχομόνωσης, ο διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται γενικά για την κατασκευή δομικών υλικών (πλάκες, μονωτικά χωρίσματα), επιχρισμάτων (σοβάδες, κονιάματα, ελαφρά κονιάματα για οροφές και δάπεδα), καθώς και ως ελαφρύ σκυρόδεμα (περλομπετόν). Χάρη στα εξαιρετικά μονωτικά χαρακτηριστικά του καθώς επίσης και στο μικρό του βάρος, χρησιμοποιείται ευρέως σαν αραιού τύπου μόνωση στις οικοδομικές κατασκευές. Χάρη στην ελεύθερη ροή του, η έγχυση περλίτη στις κοιλότητες θεωρείται εύκολη κι ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται ευρέως ως υλικό πληρώσεως δαπέδων, ρωγμών, του κενού των διπλών τοίχων, καθώς επίσης και για τη δημιουργία ρύσεων στην οροφή. Σε αυτή την εφαρμογή, ο περλίτης ελευθέρως εισάγεται μέσα στις εσοχές του μπετόν γεμίζοντας ολοκληρωτικά όλους τους πόρους και τις τρύπες που μπορεί να υπάρχουν. Παράλληλα, αποτελεί εξαιρετικό υλικό για την επισκευή οροφών, παρέχοντας επιπλέον μόνωση και αποστράγγιση. Επιπρόσθετα, με εξαιρετικές ιδιότητες θερμομόνωσης, ο περλίτης έχει χαμηλό κόστος, εύκολη εφαρμογή και δεν αλλάζει η μορφή του (δεν μειώνεται, δεν μουσκεύει κ.τ.λ.). Τέλος, βελτιώνει τα επίπεδα φωτιάς (όντας ένα ηφαιστειακό γυαλί είναι άφλεκτος και πληρεί τις προδιαγραφές των νόμων περί πυροπροστασίας), μειώνει την μετάδοση του ήχου και έχει προστατευτικές ιδιότητες από την σκουριά και τους τερμίτες. Ο περλίτης είναι επίσης ιδανικός για μονώσεις χαμηλών θερμοκρασιών και κρυογενικού τύπου δοχείων. Όταν χρησιμοποιείται σαν συστατικό στο σκυρόδεμα παράγεται ένα μείγμα σκυροδέματος (περλομπετόν) που είναι ελαφρύ, μονωτικό, με μεγάλη αντίσταση στη φωτιά, αυξημένη αντοχή σε θλίψη για υψηλές καταπονήσεις από ανεμοπίεση και σεισμό. Το μίγμα αυτό είναι ιδανικό για ψευδοροφές και άλλες παραπλήσιες εφαρμογές. Ο περλίτης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό σε σκυρόδεμα τύπου "Portland", σε γύψινες κατασκευές για εξωτερικές εφαρμογές καθώς και στην πυροπροστασία πυλώνων και κολόνων. Η προσθήκη περλίτη στην

γυψοκονία ή τσιμεντοκονία προσδίδει ελαφρότητα στο τελικό προϊόν, χαμηλότερο συντελεστή γραμμικής διόγκωσης, μεγαλύτερη ελαστικότητα, καλύτερη συγκόλληση στην επιφάνεια επίστρωσης και βελτιωμένες δυνατότητες κατεργασίας με σημαντική βελτίωση της θερμομόνωσης και της ηχομόνωσης του κτιρίου. Άλλες κατασκευαστικές εφαρμογές περιλαμβάνουν υπόγειες μονώσεις, εσωτερικές κατασκευές καμινάδων, συστατικό χρώματος, κατασκευή γυψοσανίδων, καλυμμάτων οροφής και μονωτικών βάσεων. Η φιλική προς το περιβάλλον φύση του τον κάνει να υπερτερεί έναντι των άλλων μη φυσικών υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές.[9]

Αγροτικές κηπευτικές εφαρμογές



Εικόνα 47 εφαρμογές περλίτη

Στις κηπευτικές εφαρμογές ο περλίτης χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως συστατικό για ειδικά μείγματα χρώματος κυρίως με τύρφη για τη δημιουργία του κατάλληλου υποστρώματος ανάπτυξης των φυλλωδών και ανθοφόρων καλλωπιστικών φυτών σε γλάστρες. Η επιτυχία του στη συγκεκριμένη περίπτωση οφείλεται στο συνδυασμό πολλαπλών ιδιοτήτων: παρέχει στη ριζόσφαιρα την ιδανική αναλογία αέρα και νερού καθόλη τη διάρκεια του έτους, και παρουσιάζει τις ιδανικότερες συνθήκες στράγγισης. Επίσης, αποτελεί ένα ομοιόμορφο μέσο ανάπτυξης καθιστώντας τις ρίζες πυκνότερες με ομοιόμορφη κατανομή στο υπόστρωμα (για τον θερισμό ριζοβολημάτων χρησιμοποιείται 100% περλίτης). Έρευνες έχουν δείξει πως τα υδροπονικά συστήματα βασισμένα σε περλίτη έχουν εξαιρετικές αποδόσεις. Άλλα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει ο περλίτης στις κηπευτικές εφαρμογές είναι το ουδέτερο pH του, η στείρωσή του και το γεγονός ότι δεν επιτρέπει την ανάπτυξη αγριόχορτων. Επιπλέον, το ελαφρύ του βάρος τον καθιστά ιδανικό για καλλιέργεια σε κοντέινερ (container growing). Άλλες αγροτικές

εφαρμογές του περλίτη περιλαμβάνουν την χρήση του ως κομιστή λιπάσματος, βοτανισμάτων, φυτοφαρμάκων και για ταξινόμηση των σπόρων. Ο "κηπευτικός" περλίτης είναι εξίσου χρήσιμος στον απλό κηπουρό όσο και στον επαγγελματία αγρότη. Χρησιμοποιείται με την ίδια επιτυχία στην θερμοκηπευτική, τις χωματοургικές εφαρμογές των αγρών, τον κήπο και στα φυτά εσωτερικού χώρου του σπιτιού.[8]

Βιομηχανικές εφαρμογές

Οι βιομηχανικές εφαρμογές του περλίτη είναι οι πιο ποικίλες. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι σημαντικότερες από αυτές:

- **Βοηθητικά φίλτρων - Διήθηση υγρών**

Ο διογκωμένος περλίτης είναι ένα αποτελεσματικό και φτηνό μέσο διήθησης υγρών που χαρακτηρίζεται από μεγάλο πορώδες, χημική καθαρότητα, σταθερότητα, αδιαλυτότητα και αδράνεια. Ο περλίτης δεν αλλοιώνει τη χημική σύσταση του υγρού που διηθείται, αλλά το διαυγάζει από τις στερεές ξένες ύλες που περιέχει μέσω μιας φυσικής διαδικασίας διαχωρισμού, παρέχοντας ταυτόχρονα υψηλή παραγωγικότητα διεργασίας και επαρκή καθαρότητα τελικού προϊόντος. Ο περλίτης χρησιμοποιείται κυρίως για τη διήθηση κρασιών, ζάχαρης και αμύλου, μπύρας, εδώδιμων ελαίων, ύδατος, καθώς επίσης και στις χημικές και φαρμακευτικές βιομηχανίες.

- **Βιομηχανική Μόνωση**

Ο διογκωμένος περλίτης έχει ποικίλες εφαρμογές λόγω της θερμομονωτικής ικανότητάς του: π.χ. χρησιμοποιείται τόσο στα τοιχώματα των κρυογενικών δεξαμενών ή βυτίων (όπου απαιτείται η διατήρηση εξαιρετικά χαμηλών θερμοκρασιών ως και -200 °C) όσο και σε εφαρμογές διατήρησης μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας (όπως στο μονωτικό σκυρόδεμα, τα πυρίμαχα τούβλα και τη μόνωση δαπέδων). Σε χαμηλές θερμοκρασίες, ο περλίτης αποτελεί μοναδική λύση για την αποθήκευση υγροποιημένων βιομηχανικών αερίων όπως το οξυγόνο, το άζωτο, το LNG ή για τη μόνωση αποθηκευτικών σφαιρών ηλίου και υδρογόνου με διπλά τοιχώματα. Η Ελληνική εταιρία S&B Βιομηχανικά Ορυκτά διαθέτει μια ειδική ποιότητα περλίτη, η οποία θεωρείται παγκοσμίως ως "υλικό αναφοράς" για την κρυογενική μόνωση.

- **Χημικές βιομηχανίες**

Ο διαβαθμισμένος περλίτης χρησιμοποιείται συχνά σε εργοστάσια φωσφορικού οξέως με στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας της διεργασίας διήθησης μετά τον αντιδραστήρα καθώς επίσης και την κατακράτηση των αερίων HF με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της διάβρωσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις εκπομπές του HF στην ατμόσφαιρα.

- **Συστατικό Πλήρωσης Χημικών Προϊόντων**

Ο ψιλόκοκκος περλίτης χρησιμοποιείται ως αδρανές ελαφροβαρές υλικό πλήρωσης και έχει πολλές βιομηχανικές εφαρμογές λόγω της ελαφρότητάς του, της ενισχυτικής του δομής, της υψηλής του λευκότητας και της καλής του συνδετικής ικανότητας. Επίσης αποτελεί μια καλή λύση όσον αφορά τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας (άριστη εργασιμότητα με καλές πυράντοχες και μονωτικές ιδιότητες). Ενδεικτικά αναφέρεται η χρήση του σε μπογιές, πλαστικά, υλικά στεγανοποίησης, κόλλες, εκρηκτικά, προσροφητικά, βερνίκια κ.τ.λ.

- **Χυτήρια**

Ο περλίτης έχει πολλαπλές εφαρμογές υψηλής θερμοκρασίας σε χυτήρια και χαλυβουργεία, ιδίως ως μέσο πήξεως σκωρίας και κάλυψης της χοάνης. Ο διαβαθμισμένος, μη διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται στις καμίνους και χοάνες συνεχούς εισαγωγής ως μέσο προσέλευσης όλων των μεμονωμένων σωματιδίων σκωρίας στο μέταλλο και ως μέσο συγκράτησης ή εισαγωγής ακαθαρσιών στα μεταλλικά λουτρά. Ο διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται ως μονωτικό συστατικό επιχρισμάτων για υψηλής ποιότητας χύτευση και ως συστατικό σε εξωθερμικούς δακτυλίους σωληνώσεων.

Άλλες εφαρμογές

Πέρα από τις προαναφερθείσες χρήσεις, ο περλίτης έχει πολλές άλλες εφαρμογές. Στοχεύοντας στην προστασία του περιβάλλοντος, χάρη στο μεγάλο πορώδες του και την υψηλή προσροφητική του ικανότητα χρησιμοποιείται: για διήθηση αποβλήτων και λιπαντικών, δέσμευση μολυσμένου υπεδάφους, απορρόφηση βιομηχανικών λαδιών και επικίνδυνων υγρών σε μολυσμένες περιοχές κ.λ.π. Τέλος, οι ήπιες λειαντικές του ιδιότητες τον καθιστούν κατάλληλο συστατικό σαπουνιών και απορρυπαντικών.[3]



Εικόνα 48 Χυτήρια με περλίτη

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το περιβάλλον σήμερα είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένο από απόβλητα, χημικές ουσίες, καυσαέρια και απορρίμματα με αποτέλεσμα να υπάρχει σοβαρός κίνδυνος για τη δημόσια υγεία των ανθρώπων. Τα απορρίμματα τόσο σε βιομηχανικό όσο και σε οικιακό επίπεδο θα πρέπει όχι μόνο να ανακυκλώνονται αλλά και να κομποστοποιούνται. Με τη διαδικασία της κομποστοποίησης τα σκουπίδια από άχρηστα και βλαβερά αντικείμενα προς το περιβάλλον μπορούν να γίνουν ένα χρήσιμο εφόδιο για τη βελτίωση του χώματος, των καλλιεργειών και συνεπώς των τροφίμων που βρίσκονται καθημερινά στα σπίτια μας. Η κομποστοποίηση είναι ιδιαίτερως αποτελεσματική στις βιολογικές καλλιέργειες καθώς σε αυτές δεν επιτρέπονται η χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και χημικών ουσιών. Στη πλειοψηφία, ο κόσμος δεν είναι ενημερωμένος για την απλότητα και τα πολλαπλά οφέλη της κομποστοποίησης. Στο εξωτερικό έχουν γίνει αρκετά βήματα στο συγκεκριμένο τομέα. Στην Ελλάδα υπάρχουν περιθώρια εξέλιξης με τη σωστή ενημέρωση των πολιτών αλλά και τη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων κομποστ. Επίσης η οικιακή κομποστοποίηση είναι μια απλή και οικονομική μέθοδος που ο καθένας μπορεί να εφαρμόσει όχι μόνο για να βοηθήσει σε ένα καθαρότερο περιβάλλον αλλά και για να επιτύχει γρηγορότερα αποτελέσματα στις καλλιέργειες του, αποκτώντας ποιοτικά και ασφαλή τρόφιμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ζορμπάς Α., (1999), «Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Κομποστοποίηση της Ιλύος με Χρήση Ζεόλιθων», Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
2. Κάρτσωνας Ν., «Εναλλακτικοί Τρόποι Διαχείρισης Παραπροϊόντων Επεξεργασίας από Μικρές Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων», Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας, Καρδίτσα 14-14 Οκτ. 2005. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: http://library.tee.gr/digital/m2093/m2093_kartsonas.pdf
3. Κατσίρη Α., (2003). "Λιπασματοποίηση απορριμμάτων". Σημειώσεις για το μάθημα «Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων και Ιλύος», Ε.Μ.Π.
4. Λαζαρίδη Κ., «Βιολογικές Επεξεργασίες Στερεών Αποβλήτων», Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
5. Λάλας Δ., Γεωργοπούλου Ε., Γιδαράκος Ε., Γκέκας Ρ., Λαζαρίδη Α., Μαυρόπουλος Α., Μοιρασγεντής Σ., Σελλάς Ν., Σχέδιο τελικής έκθεσης προς το Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης για την μελέτη «Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων» , Αθήνα Απρίλιος 2007.
6. Λοϊζίδου Μ., «Στερεά απόβλητα», σημειώσεις για το μάθημα: Περιβαλλοντική Επιστήμη, ΕΜΠ, Αθήνα 2006.
7. Φραγγελάκης Ε., «Κομποστοποίηση Οργανικού Κλάσματος Οικιακών Απορριμμάτων», Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2006.

8. COMWASTE, LIFE03 ENV/GR/205, «Προώθηση και εφαρμογή συστήματος για την παραγωγή υψηλής ποιότητας compost από βιοαποδομήσιμο οργανικό υλικό διαχωρισμένο στην πηγή», 2006.
9. Holmer R. J., «Basic Principles for Composting of Biodegradable Household Wastes».