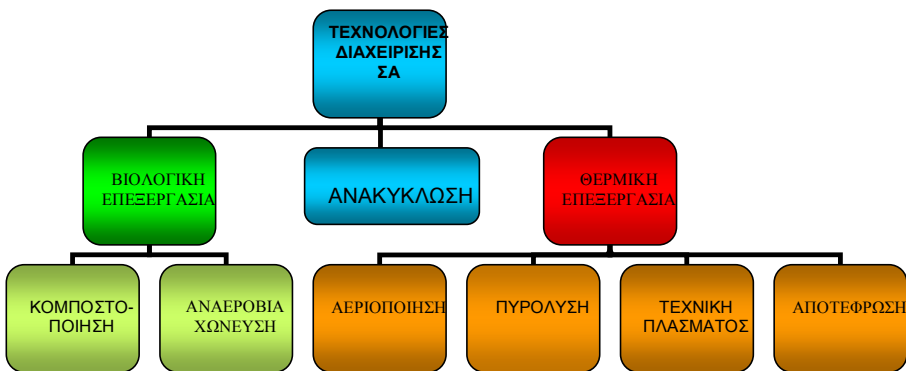


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**“ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΣΤΕΡΕΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ”**



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ: ΣΟΦΙΑ ΦΡΑΓΚΑΚΗ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ Σ. ΓΙΑΝΝΑΚΗΣ

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί την πτυχιακή εργασία η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανολογίας της σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΑΤΕΙ Πάτρας από τη σπουδάστρια Φραγκάκη Σοφία και ανατέθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2009 – 2010.

Ευχαριστώ τον υπεύθυνο της διπλωματικής αυτής, Καθηγητή του Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΩΝ κο. Ιωάννη Γιαννάκη, για την ανάθεση της ενδιαφέρουσα αυτής εργασίας και για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά τη διεξαγωγή της.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση που μου παρέχει όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο στόχο να παρουσιάσει το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά στο βιοαποδομήσιμο κλάσμα των στερεών αποβλήτων, σε Ελλάδα και Ευρώπη, καθώς και τις τεχνολογίες επεξεργασίας και διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην αερόβια επεξεργασία του οργανικού κλάσματος αυτών (κομποστοποίηση). Για το λόγο αυτό αναλύεται διεξοδικά η διεργασία της κομποστοποίησης, οι παράγοντες που την επηρεάζουν, τα συστήματα και οι τεχνικές με τις οποίες πραγματοποιείται καθώς και οι τρόποι με τους οποίους καθορίζεται η ποιότητα του τελικού προϊόντος (κομπόστ).

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας που προβλέπεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και αφορά στο βιοαποδομήσιμο οργανικό κλάσμα των στερεών αποβλήτων και περιγράφονται οι διατάξεις που ισχύουν στην Ελλάδα. Επίσης γίνεται σύγκριση των προδιαγραφών του κόμπους στις χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης και διεθνώς.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει την υφιστάμενη κατάσταση των στερεών απορριμμάτων στην Ελλάδα, καθώς και υφιστάμενα και υπό υλοποίηση έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων στη χώρα μας.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τις αρχές και τους τρόπους επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων ξεκινώντας, με βάση την ιεράρχηση που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση, από τη φιλικότερη προς το περιβάλλον και πολύ χρήσιμη ανακύκλωση, ακολούθως στις επίσης πολύ χρήσιμες και εξίσου φιλικές προς το περιβάλλον βιολογικές μεθόδους, και καταλήγοντας στις λιγότερο φιλικές, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις πολύ χρήσιμες και αποτελεσματικές θερμικές μεθόδους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αρχικά μια σύντομη ιστορική ανασκόπηση στην κομποστοποίηση, και στη συνέχεια παρατίθεται η θεωρία που τη διέπει και οι παράγοντες που την επηρεάζουν.

Το πέμπτο κεφάλαιο ασχολείται με τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης, τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη

των μικροοργανισμών αυτών, καθώς και με τις κινητικές που ακολουθεί αυτή η ανάπτυξη.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορες επιβλαβείς ουσίες που μπορούν να βρεθούν στο κομπόστ, όπως είναι κατά κύριο λόγο αρκετά βαρέα μέταλλα ή ρυπογόνες οργανικές ενώσεις, που προέρχονται από διάφορες δραστηριότητες του ανθρώπου (βιομηχανία, φυτοφάρμακα κ.α.)

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται μία ταξινόμηση των συστημάτων κομποστοποίησης, ανάλογα με τον αν η διεργασία πραγματοποιείται με αντιδραστήρα ή χωρίς αυτόν, ή αν χρησιμοποιούνται μικτά συστήματα.

Το όγδοο κεφάλαιο ασχολείται με τους διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να κάνουμε κομποστοποίηση, ανάλογα με το αν πρόκειται για μικρής κλίμακας κομποστοποίηση (οικιακή), μεγάλης κλίμακας (εργοστάσιο κομποστοποίησης σε χωριό ή πόλη) ή κομποστοποίηση σε γεωργικό επίπεδο.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (compost) και επομένως τη δυνατότητα προώθησής του.

Τέλος το δέκατο κεφάλαιο κλείνει με την παράθεση επιτυχημένων περιπτώσεων διαλογής και αξιοποίησης του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων στην πηγή, σε Ευρώπη, ΗΠΑ και Καναδά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	vii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	1
1.1 Πολιτική Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Ε.Ε.....	1
1.1.1 Οδηγίες και Κανονισμοί.....	1
1.2 Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα.....	10
1.3 Προδιαγραφές Ποιότητας Κόμποστ στην ΕΕ και Διεθνώς.....	13
1.3.1 Πρότυπα για τα βαρέα μέταλλα.....	14
1.3.2 Πρότυπα για τους οργανικούς ρύπους στο κόμποστ.....	18
1.3.3 Πρότυπα για την περιεκτικότητα σε παθογόνους μικροοργανισμούς, ακαθαρσίες και ζιζάνια.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	
ΤΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	24
2.1 Εισαγωγή.....	24
2.2 Είδη απορριμμάτων.....	27
2.3 Σύσταση των οικιακών απορριμμάτων.....	28
2.4 Έργα διαχείρισης στερεών απορριμμάτων (ΑΣΑ) στην Ελλάδα.....	30
2.5 Απαιτούμενα νέα έργα ΔΣΑ (σύμφωνα με τους ΠΕΣΔΑ).....	33
2.6 Στόχοι διαχείρισης των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	
ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	38
3.1 Εισαγωγή.....	38
3.2 Ανάκτηση υλικών: επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση.....	40
3.2.1 Συστήματα διαλογής.....	40
3.2.2 Διάθεση ανακυκλωμένων υλικών στην αγορά.....	42
3.3 Βιολογικές Μέθοδοι Επεξεργασίας.....	44
3.3.1 Γενικά.....	44
3.3.2 Αναερόβια βιολογική επεξεργασία.....	45
3.3.3 Μονάδες μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας.....	46
3.3.4 Βιολογική Ξήρανση.....	47
3.4 Θερμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας.....	48
3.4.1 Γενικά.....	48
3.4.2 Αποτέφρωση – Καύση.....	50
3.4.3 Πυρόλυση.....	52
3.4.4 Αεριοποίηση.....	54
3.4.5 Αεριοποίηση/Υαλοποίηση με την τεχνική πλάσματος.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	
Η ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	57
4.1 Εισαγωγή.....	57
4.2 Ιστορική ανασκόπηση της κομποστοποίησης.....	60
4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση.....	64
4.3.1 Η διαθεσιμότητα Θρεπτικών Στοιχείων – Σχέση C/N.....	64
4.3.2 Το pH.....	65
4.3.3 Η θερμοκρασία.....	66

4.3.4 Το ποσοστό υγρασίας.....	67
4.3.5 Αερισμός.....	68
4.3.6 Άλλες παράμετροι που επηρεάζουν την κομποστοποίηση.....	68
4.4 Αερόβια – Αναερόβια κομποστοποίηση.....	69
4.4.1 Αερόβια διαδικασία.....	69
4.4.2 Αναερόβια ζύμωση.....	71
4.5 Οι φάσεις της διαδικασίας της κομποστοποίησης.....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	
ΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ - ΚΙΝΗΤΙΚΕΣ.....	74
5.1 Η μικροβιολογία του κομποστ.....	74
5.2 Κινητική μικροβιακής ανάπτυξης.....	76
5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.....	79
5.4 Τα είδη των μικροοργανισμών στο κόμποστ.....	84
5.5 Η διαδοχή των μικροοργανισμών κατά την κομποστοποίηση.....	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	
ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	98
6.1 Τα μέταλλα στο κόμποστ (Potential Toxic Elements, PTEs).....	98
6.1.1 Κάδμιο, Μόλυβδος και Υδράργυρος.....	99
6.1.2 Αρσενικό, Χρώμιο, Χαλκός, Νικέλιο και Ψευδάργυρος.....	100
6.2 Οι οργανικές ουσίες (Organic Pollutants, OPs).....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	101
7.1 Γενικά για τα συστήματα κομποστοποίησης.....	101
7.2 Συστήματα κομποστοποίησης χωρίς αντιδραστήρα.....	104
7.3 Συστήματα κομποστοποίησης με αντιδραστήρα.....	105
7.4 Μικτά συστήματα.....	109
7.5 Συστήματα Ωρίμανσης.....	109
7.6 Συστήματα εξευγενισμού του compost.....	110
7.6.1 Τεχνικές διαχωρισμού βάσει μεγέθους.....	110
7.6.2 Τεχνικές συνδυασμού βαλλιστικού διαχωρισμού και αεροδιαχωρισμού.....	111
7.6.3 Τεχνικές μαγνητικού διαχωρισμού.....	112
7.6.4 Τεχνικές επαγωγικών ρευμάτων (Eddy Current).....	112
7.7 Συστήματα κομποστοποίησης λάσπης.....	113
7.7.1 Γενικά για την κομποστοποίηση λάσπης.....	113
7.7.2 Συστήματα κομποστοποίησης υλός χωρίς αντιδραστήρα.....	115
7.7.3 Συστήματα κομποστοποίησης υλός με αντιδραστήρα.....	121
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο	
ΤΡΟΠΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ – ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ, ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ & ΟΙΚΙΑΚΗ.....	126
8.1 Κομποστοποίηση σε γεωργικό επίπεδο.....	126
8.2 Ευρείας κλίμακα κομποστοποίηση.....	128
8.3 Οικιακή Κομποστοποίηση.....	131
8.3.1 Μέθοδοι οικιακής κομποστοποίησης.....	131
8.3.2 Κομποστοποίηση με ακάλυπτη διάταξη του σωρού επί του εδάφους ή στο εσωτερικό τεχνητών κοιλοτήτων.....	134
8.3.3 Κομποστοποίηση με διάταξη του σωρού στο εσωτερικό τεχνητής περιφραξής.....	134
8.3.4 Κομποστοποίηση με διάταξη του σωρού εντός κλειστών καλάθων.....	135
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ^ο	
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	147
9.1. Περιγραφή του προϊόντος.....	147

9.2 Ποιότητα παραγόμενου προϊόντος	148
9.2.1. Φυτοτοξικότητα.....	148
9.2.2. Βαρέα μέταλλα	148
9.2.3. Εξευγενισμός και ωρίμανση του τελικού προϊόντος.....	150
9.3. Πλεονεκτήματα του εδάφους με την εφαρμογή του κόμποστ	152
9.4. Περιβάλλον και δημόσια υγεία.....	153
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ^ο	157
ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ	
ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ, ΗΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΑΔΑ.....	157
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	165

Εισαγωγή

Τα τεράστια προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί τις τελευταίες δεκαετίες με την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς και πλήθος άλλων οικολογικών καταστροφών, έχουν «αναγκάσει» την παγκόσμια κοινότητα να θεωρεί τα θέματα σχετικά με το περιβάλλον υψίστης σημασίας. Πλέον έχουν αντιληφθεί όλοι ότι το περιβάλλον και η προστασία του ξεπερνάνε σύνορα, θρησκείες, διαφορές και μίση. Δεν είναι θέμα κρατικό αλλά παγκόσμιο. Και ως έτσι αντιμετωπίζεται. Άλλοτε επιτυχώς και άλλοτε όχι.

Όσον αφορά πάντως την Ευρωπαϊκή Ένωση, το περιβάλλον βρίσκεται στις πρώτες θέσεις

-αν όχι στην κορυφή- της πολιτικής ατζέντας σε κάθε Σύνοδο τουλάχιστον τα τελευταία 30 χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, η Κοινοτική πολιτική για την προστασία του περιβάλλοντος ξεκίνησε ουσιαστικά με τη Σύνοδο κορυφής των Παρισίων το 1974. Ακολούθησαν τα “προγράμματα δράσης” της Κοινότητας και ήδη από το 1975 προβλέπονται στον κοινοτικό προϋπολογισμό κονδύλια για την προστασία του περιβάλλοντος. Το 1981 οι ως τότε διάσπαρτες περιβαλλοντικές υπηρεσίες συγχωνεύονται στη Γενική Διεύθυνση XI (περιβάλλον, πυρηνική ασφάλεια προστασία πολιτών) και υπό το πρίσμα των εξελίξεων υιοθετείται η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη (1η Ιουλίου 1987) ως ανεξάρτητη πολιτική για το περιβάλλον. Την ίδια χρονιά υιοθετείται το 4ο Πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον, με βασικό στόχο την αποτελεσματική εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας για το περιβάλλον από τα κράτη μέλη.

Το 1991 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε το πρόγραμμα για τη διαχείριση των αποβλήτων προτεραιότητας στα οποία περιλαμβάνονταν:

- Απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό
- Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις
- Οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους
- Συσσωρευτές
- Ελαστικά
- Συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασιών
- Χρησιμοποιημένα Ορυκτέλαια
- Νοσοκομειακά απόβλητα
- PCB's

Ακολούθησε το 5ο Πρόγραμμα Δράσεως για το Περιβάλλον “προς μια αειφόρο ανάπτυξη” το οποίο θέσπισε τις αρχές μιας πιο ενεργητικής Ευρωπαϊκής στρατηγικής για την περίοδο 1992-2000 και σηματοδότησε την αρχή μίας οριζόντιας κοινοτικής δράσεως, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες ρύπανσης (βιομηχανία, ενέργεια, τουρισμός, μεταφορές, γεωργία). Πλέον τρέχει το 6ο Πρόγραμμα Δράσεως για το Περιβάλλον το οποίο προσδιορίζει γενικούς στόχους και καθορίζει κατάλογο περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων μέχρι και το έτος 2010.

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης εστιάζει στα εξής σημεία :

- Ø Η πρόληψη είναι προτιμότερη από τη λήψη διορθωτικών μέτρων
- Ø Τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους
- Ø Ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώνει το κόστος των μέτρων που θα ληφθούν για την προστασία του περιβάλλοντος
- Ø Η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αποτελεί τμήμα των άλλων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας

Ολόκληρη η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. βασίζεται στην αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει". Σύμφωνα με αυτήν, ο ρυπαντής, είναι υπεύθυνος για τις επιπτώσεις και για τη δαπάνη αποκατάστασης των ζημιών. Κατά συνέπεια, είναι ζητούμενο ο κάθε πολίτης να υποχρεούται

να καλύπτει πλήρως τη δαπάνη διαχείρισης των ΑΣΑ που παράγει. Οι πληρωμές μπορεί να πραγματοποιηθούν με τη μορφή επενδύσεων για να επιτευχθεί συμμόρφωση προς αυστηρότερα πρότυπα ή με τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με τις ισχύουσες Συνθήκες και βάσει των Αρχών της Βιώσιμης (αειφορικής) Ανάπτυξης, έχει υιοθετήσει την παρακάτω ιεράρχηση (η οποία έχει ενσωματωθεί και στην εθνική μας νομοθεσία) στον τομέα της διαχείρισης των ΑΣΑ (σχήμα 1.1):

- Ø Πρόληψη ή Μείωση στην πηγή
- Ø Επαναχρησιμοποίηση (επέκταση της χρήσιμης ζωής)
- Ø Ανακύκλωση -Ανάκτηση Υλικών
- Ø Ανάκτηση ενέργειας
- Ø Βέλτιστη τελική διάθεση.

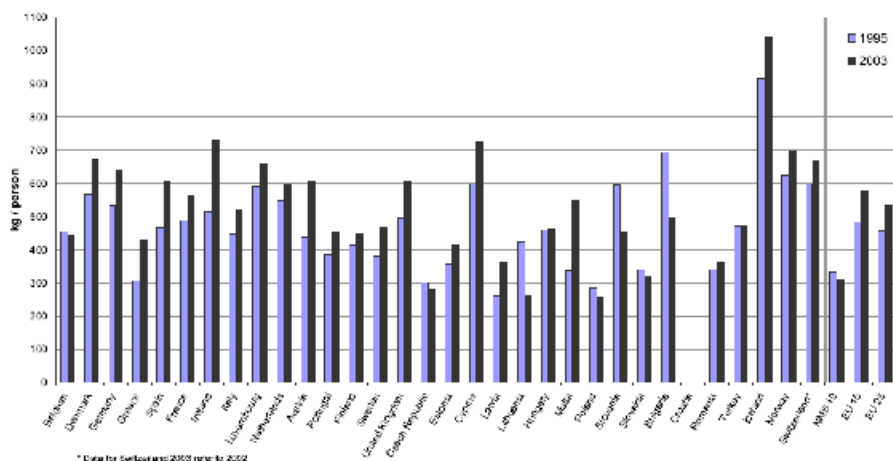


Σχήμα 1.1 Ιεράρχηση πολιτικών διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Αρχή της πρόληψης ή μείωσης των παραγόμενων απορριμμάτων

Με την έννοια «Πρόληψη των απορριμμάτων» νοείται μια σειρά τεχνικών επιλογών και νομοθετικών - οικονομικών ρυθμίσεων, καθώς και ένα πλαίσιο κοινωνικής συμπεριφοράς και ενεργής συμμετοχής των πολιτών, με στόχο την ελάττωση της παραγωγής απορριμμάτων και κατά συνέπεια τη μείωση του όγκου και του βάρους αυτών που καταλήγουν στους χώρους τελικής διάθεσης.

Οι δυνατότητες πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων εξαρτώνται από σειρά παραγόντων όπως η οικονομική ανάπτυξη, η έκταση στην οποία οι επιχειρήσεις έχουν ήδη υιοθετήσει βέλτιστες πρακτικές για τη μείωση των αποβλήτων, κλπ. Η πρόληψη μπορεί να επιτευχθεί μόνον αν επηρεαστούν οι πρακτικές αποφάσεις που λαμβάνονται κατά τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής: πως σχεδιάζεται το προϊόν, πως παράγεται, πως διατίθεται στον καταναλωτή και πως χρησιμοποιείται τελικά.



Διάγραμμα 1. 1 Κατά κεφαλή παραγωγή απορριμμάτων στην ΕΕ [1]

Η δυσκολία της πρόληψης φαίνεται ξεκάθαρα στο διάγραμμα 1.1. Σε όλες σχεδόν τις Ευρωπαϊκές χώρες παρατηρείται αύξηση της κατά κεφαλήν παραγωγής απορριμμάτων (δεδομένα 2003) σε σχέση με το 1995. Στην βέλτιστη περίπτωση κάποιες χώρες όπως το Βέλγιο, η Εσθονία, η Πολωνία και η Τουρκία παρουσιάζουν σταθερή ή μια μικρή μείωση στην παραγωγή.

Βασικό ζήτημα στην πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από το στάδιο της εξαγωγής παρθένων πρώτων υλών, της επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν – σε αρκετά παγιωμένη μορφή – μέθοδοι αναλύσεων κύκλου ζωής για τα κάθε είδους προϊόντα, κατασκευές κ.λ.π. Ήδη όμως έχουν ληφθεί αποφάσεις που υλοποιούνται είτε μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων (π.χ. LIFE), είτε μέσω θεσμοθέτησης τεχνικών προτύπων, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN). Σε ειδικές περιπτώσεις η πρόληψη μπορεί να γίνεται μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων), ώστε να προλαμβάνεται σε μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων. Άλλοι τρόποι συνεισφοράς στην πρόληψη, είναι τα προγράμματα οικολογικών ελέγχων, με παράλληλη θέσπιση κινήτρων ή και αντικινήτρων σε οικονομικούς φορείς του Δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα (οικολογικό σήμα) και η ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν προϊόντα που ρυπαίνουν λιγότερο.

Αρχή επαναχρησιμοποίησης των υλικών

Με βάση και την ευθύνη του παραγωγού, ο κατασκευαστής οφείλει να εξασφαλίζει τα μέσα, όχι μόνο για να περιορίσει τη δημιουργία αποβλήτων, (με συνετή χρήση των φυσικών πόρων, ανανεώσιμων πρώτων υλών ή μη επικίνδυνων υλικών) αλλά και για τη δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται επαναχρησιμοποίηση και ανάκτησή τους. Έτσι μειώνεται αισθητά και ο όγκος των απορριμμάτων ενώ ταυτόχρονα η επιχείρηση αποκομίζει σημαντικά οικονομικά οφέλη αφού το κόστος αγοράς νέων προϊόντων μειώνεται λόγω επαναχρησιμοποίησης των υλικών.

Αρχή ανακύκλωσης και αξιοποίησης των υλικών

Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτικής διαχείρισής τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δεν μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε διαδικασίες ανάκτησης υλικών. Βασική διαδικασία για την ανάκτηση των υλικών, είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή. Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των καταναλωτών και των τελικών χρηστών στην αλυσίδα διαχείρισης και τους καθιστά περισσότερο ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Σημαντική επίσης προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

Στόχος της στρατηγικής είναι να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή μέχρι την τελική διάθεση τους. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει να αντιμετωπίζεται κάθε είδος αποβλήτων όχι μόνο ως πηγή ρύπανσης που επιβάλλεται να μειωθεί, αλλά και ως ενδεχόμενος πόρος που προσφέρεται για εκμετάλλευση.

Αρχή ανάκτησης ενέργειας

Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση υλικών λόγω τεχνικών περιορισμών, θα πρέπει να οδηγούνται τα απόβλητα με σημαντικό θερμικό περιεχόμενο σε μονάδες θερμικής επεξεργασίας με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, ώστε να διατεθεί τελικώς μόνο το κλάσμα που δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα οργανικά απορρίμματα από τα οποία μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιοαερίου.

Αρχή της ασφαλούς διάθεσης

Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης έχει βαρύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση. Χρησιμοποιείται εκτενώς μιας και είναι η οικονομικότερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικές διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο να καταλήγουν σε χώρους διάθεσης μόνο τα μη ανακτήσιμα και αδρανή απόβλητα. Να τοποθετούνται σε ειδικά κατασκευασμένους χώρους , ώστε να είναι αδύνατη η διαφυγή τους και έτσι να αποφεύγεται η μόλυνση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

1.1 Πολιτική Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Ε.Ε.

1.1.1 Οδηγίες και Κανονισμοί

Οι οδηγίες και οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορούν τα στερεά απόβλητα εστιάζοντας ειδικότερα στο κόμποστ παρουσιάζονται παρακάτω.

- **Απόφαση 2001/688/EC για τον καθορισμό των οικολογικών κριτηρίων απονομής του κοινοτικού σήματος (Eco Label) σε βελτιωτικό εδάφους**

Σύμφωνα με την απόφαση, η περιεκτικότητα του τελικού προϊόντος στα ακόλουθα στοιχεία πρέπει να είναι μικρότερη από τις κατώτερες τιμές (Πίνακας 2.1), μετρημένες επί ξηράς ουσίας.

Πίνακας 1. 1 Προδιαγραφές παραγόμενου κόμποστ. * ¹

Στοιχείο	mg/kg
(As)* Αρσενικό	10
(Cd) Κάδμιο	1
(Cr) Χρώμιο	100
(Cu) Χαλκός	100
(F)* Φθόριο	200
(Mo)* Μολυβδένιο	2
(Ni) Νικέλιο	50
(Pb) Μόλυβδος	100
(Zn) Ψευδάργυρος	300
(Se)* Σελήνιο	1,5
(Hg) Υδράργυρος	1

¹ τα σχετικά με την παρουσία αυτών των στοιχείων δεδομένα απαιτούνται μόνον για προϊόντα που περιέχουν υλικά από βιομηχανικές διεργασίες και αστικά απορρίμματα.

Τα επίπεδα πρωτογενών παθογόνων μικροοργανισμών στα προϊόντα δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις ανώτατες τιμές που καθορίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1. 2 Επίπεδα πρωτογενών παθογόνων μικροοργανισμών

Salmonella	Απουσία σε 25g
E.coli	<1000 MPN /g ¹
Helminth Ova	Απουσία σε 1.5g

Όλα τα προϊόντα πρέπει να προσφέρονται σε στερεά μορφή και να έχουν περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία τουλάχιστον 25% κατά βάρος και σε οργανικές ύλες τουλάχιστον 20% (μετρημένη με την απώλεια κατά την καύση). Τα προϊόντα δεν πρέπει να επιδρούν δυσμενώς στη βλάστηση ή τη μετέπειτα ανάπτυξη του φυτού. Όσα προϊόντα τηρούν τις προαναφερθείσες προδιαγραφές τότε απονέμονται το κοινοτικό σήμα «Eco-Label» προς χρήση του προϊόντος ως εδαφοβελτιωτικό. [2]

• **Οδηγία 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων**

Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η πρόληψη ή μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον, και ειδικότερα στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα και στην υγεία του ανθρώπου. Παρουσιάζει λεπτομερώς τις διάφορες κατηγορίες αποβλήτων (αστικά απόβλητα, επικίνδυνα, μη επικίνδυνα, αδρανή) και ισχύει για όλους τους χώρους ταφής, οι οποίοι ορίζονται ως χώροι διάθεσης αποβλήτων, με εναπόθεση των αποβλήτων επί ή εντός του εδάφους. Οι χώροι ταφής ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων.

Επιπλέον η οδηγία θέτει ποσοτικούς στόχους για την εκτροπή του οργανικού κλάσματος των αστικών απορριμμάτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ. Πιο συγκεκριμένα για την Ελλάδα ισχύει ότι μέχρι το 2010 τα βιοαποδομήσιμα αστικά

¹ MPN: Most Probable Number

απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής θα πρέπει να μειωθούν κατά 25% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995. Ενώ το 2013 τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για υγειονομική ταφή πρέπει να μειωθούν κατά 50%. Τέλος το 2020 το ποσοστό των βιοαποδομήσιμων υλικών για υγειονομική ταφή πρέπει να περιοριστεί στο 35%. [3]

- **Οδηγία 96/61/ΕΚ (IPPC) του συμβουλίου της 24ης Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης**

Η οδηγία (η λεγόμενη "οδηγία IPPC"), που αντικαθιστά την οδηγία 96/61ΕΚ, θεσπίζει την έκδοση άδειας για βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες υψηλού δυναμικού ρύπανσης. Για την έκδοση μιας τέτοιας άδειας προϋποτίθεται η τήρηση ορισμένων περιβαλλοντικών απαιτήσεων, έτσι ώστε οι επιχειρήσεις να αναλαμβάνουν οι ίδιες την πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης που ενδεχομένως θα προξενήσουν. Η ολοκληρωμένη πρόληψη και ο έλεγχος της ρύπανσης αφορούν βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, νέες ή ήδη υπάρχουσες,

υψηλού δυναμικού ρύπανσης (ενεργειακές βιομηχανίες, παραγωγή και μεταποίηση μετάλλων, εξορυκτική βιομηχανία, χημική βιομηχανία, διαχείριση των αποβλήτων).

Η οδηγία προβλέπει μέτρα αποφυγής και όταν αυτό δεν είναι δυνατόν, μείωσης των εκπομπών από τις ανωτέρω δραστηριότητες στην ατμόσφαιρα, το νερό και το έδαφος, και μέτρα για τα απόβλητα, ώστε να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος στο σύνολό του.

Τα Κράτη Μέλη με την παρούσα οδηγία, οφείλουν να ορίσουν το φορέα, τις βασικές αρχές τις θεμελιώδη υποχρεώσεις του, καθώς επίσης να μεριμνήσουν ώστε οι αρμόδιες Αρχές να ελέγχουν ότι η εγκατάσταση θα λειτουργήσει κατά τρόπο ώστε:

- Ø Να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα προληπτικά αντιρρυπαντικά μέτρα, ιδίως με τη χρήση

των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών

- Ø Να μην προκαλείται καμία σημαντική ρύπανση

- Ø Να αποφεύγεται η παραγωγή αποβλήτων ή εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, να αξιοποιούνται

ή όταν αυτό είναι τεχνικά και οικονομικά αδύνατο, να διατίθενται με τρόπο που να αποφεύγονται ή να μειώνονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον

-
- Ø Η ενέργεια να χρησιμοποιείται αποτελεσματικά
 - Ø Να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για να προλαμβάνονται τα ατυχήματα και να

περιορίζονται οι συνέπειές τους.

- Ø Να λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα κατά την οριστική παύση των δραστηριοτήτων ώστε να αποφεύγεται κάθε κίνδυνος ρύπανσης και ο χώρος της εκμετάλλευσης να επαναφέρεται σε ικανοποιητική μορφή.

Αναφορικά με το θέμα της αδειοδότησης στην παρούσα οδηγία αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με τα εξής σημεία:

- Ø Άδειες για νέες εγκαταστάσεις
- Ø Όροι χορήγησης άδειας για υφιστάμενες εγκαταστάσεις
- Ø Αίτηση αδείας
- Ø Ολοκληρωμένη προσέγγιση στην έκδοση αδειών.

Αναφέρεται επίσης ότι με την επιφύλαξη άλλων απαιτήσεων εθνικής ή κοινοτικής νομοθεσίας, η αρμόδια αρχή χορηγεί άδεια για την εγκατάσταση η οποία περιλαμβάνει όρους με τους οποίους εξασφαλίζεται ότι η εγκατάσταση πληρεί τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας ή στην αντίθετη περίπτωση, δεν χορηγεί άδεια.

Κάθε χορηγούμενη ή τροποποιημένη άδεια περιλαμβάνει τις προβλεπόμενες στην παρούσα οδηγία πρακτικές λεπτομέρειες για την προστασία της ατμόσφαιρας, των υδάτων και του εδάφους καθώς και μέτρα για τη διαχείριση των αποβλήτων της εγκατάστασης.

Τέλος στη παρούσα οδηγία υπάρχουν διατάξεις αναφορικά με:

- Ø Την επανεξέταση και αναπροσαρμογή των όρων της άδειας εκ μέρους της αρμόδιας

αρχής

- Ø Τις οφειλές των Κρατών Μελών αναφορικά με την τήρηση των όρων της άδειας
- Ø Την πρόσβαση στις πληροφορίες και συμμετοχή του κοινού στη διαδικασία χορήγησης

της άδειας

- Ø Τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές και τα ποιοτικά πρότυπα περιβάλλοντος
- Ø Την εξέλιξη των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών
- Ø Την ανταλλαγή πληροφοριών
- Ø Τις οφειλές των Κρατών Μελών αναφορικά με τις διασυνοριακές επιπτώσεις

Ø Τις Κοινοτικές οριακές τιμές εκπομπής [4]

- **Κανονισμός (ΕΟΚ) αρ.2092/91 του Συμβουλίου περί του βιολογικού τρόπο παραγωγής προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής**

Ο Κανονισμός (ΕΟΚ) αρ.2092/91 προβλέπει τις παρακάτω οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο οργανικό λίπασμα (Πίνακας 1.3):

Πίνακας 1. 3 Συγκέντρωση βαρέων μετάλλων (mg/kg) [5]

Μέταλλο	Οργανικό Λίπασμα
Cd	0,7
Cr	70
Cu	70
Ni	25
Pb	45
Hg	0,4
Zn	200

- **Οδηγία 86/278/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 1986 σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και ιδίως του εδάφους κατά τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία**

Η οδηγία αυτή ρυθμίζει την χρησιμοποίηση ιλύος καθαρισμού λυμάτων, κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις για το έδαφος, τη βλάστηση, τα ζώα και τον άνθρωπο. Αποσκοπεί επίσης στην ενθάρρυνση της ορθής επαναχρησιμοποίησης της ιλύος στη γεωργία. Η Οδηγία καθορίζει οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ιλύ, καθώς επίσης και οριακές τιμές για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται στο έδαφος σε ετήσια βάση. Παρακάτω παρουσιάζονται οι οριακές τιμές που καθορίζονται με την οδηγία και την προβλεπόμενη αναθεώρησή της.

Πίνακας 1. 4 Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος [mg/kg] [6]

Μέταλλα	Οδηγία 86/278	Εν εξελίξει αναθεώρηση της Οδηγίας 86/278/ΕΟΚ		
	6<ρΗ<7	5<ρΗ<6	6<ρΗ<7	ρΗ>7
Cd	1-3	0,5	1	1,5
Cr	-	30	60	100
Cu	50-140	20	50	100
Ni	30-75	15	50	70
Pb	50-300	70	70	100
Hg	1-1.5	0,1	0,5	1
Zn	150-300	60	150	200

Πίνακας 1. 5 Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ (mg/kg ξηράς ουσίας) [6]

Μέταλλα	Οδηγία 86/278	Εν εξελίξει αναθεώρηση της Οδηγίας 86/278/ΕΟΚ
	Cd	20 – 40
Cr	-	1000
Cu	1000 – 1750	1000
Ni	300 – 400	300
Pb	750 – 1200	750
Hg	16 – 25	10
Zn	2500 – 4000	2500

Πίνακας 1. 6 Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται κατά έτος στα καλλιεργήσιμα εδάφη [kg/ha.έτος] [6]

Μέταλλα	Οδηγία 86/278	Εν εξελίξει αναθεώρηση της Οδηγίας 86/278/ΕΟΚ
	Cd	0,15
Cr	-	3
Cu	12	3
Ni	3	0,9
Pb	15	2
Hg	0,1	0,03
Zn	30	7,5

- **Οδηγία του Συμβουλίου 75/442/ΕΟΚ, περί στερεών αποβλήτων**

Η οδηγία αυτή συνιστά το νομοθετικό πλαίσιο της κοινοτικής πολιτικής σε θέματα διαχείρισης αποβλήτων. Άρχισε να ισχύει από το 1977 και τροποποιήθηκε το 1991 (**Οδηγία 91/156/ΕΟΚ**) για να ληφθούν υπόψη οι νέες συνθήκες και να ενσωματωθούν οι κατευθυντήριες αρχές που επισημάνθηκαν από την κοινοτική στρατηγική το 1989, για τη διαχείριση των αποβλήτων και συγκεκριμένα η πρόληψη, η αξιοποίηση και η τελική διάθεση των αποβλήτων.

Στην Οδηγία περιλαμβάνονται τα σημαντικότερα στοιχεία στα οποία θεμελιώνεται η κοινοτική πολιτική διαχείρισης των αποβλήτων και συγκεκριμένα:

- Ø Ορίζεται η έννοια των αποβλήτων
- Ø Προσδιορίζονται κοινή ορολογία, ιδιαίτερα αναφορικά με τις διαδικασίες της αξιοποίησης και της τελικής διάθεσης, καθώς και οι διάφορες κατηγορίες αποβλήτων που περιλαμβάνονται στον κατάλογο της απόφασης 94/3/ΕΚ της Επιτροπής
- Ø Ιεραρχούνται οι προτεραιότητες τις οποίες οφείλει να τηρεί κάθε πολιτική διαχείρισης αποβλήτων, ευνοώντας κατ' αρχήν την πρόληψη, προωθώντας εν συνεχεία την αξιοποίηση και τέλος την ακίνδυνη τελική διάθεση
- Ø Καθιερώνονται οι αρχές της γειννίας και της αυτάρκειας που εφαρμόζονται στα απόβλητα που προορίζονται για τελική διάθεση και προβλέπεται η συγκρότηση ολοκληρωμένου και επαρκούς δικτύου εγκαταστάσεων διάθεσης
- Ø Υποχρεούνται τα κράτη μέλη να εκπονήσουν σχέδια διαχείρισης αποβλήτων, τα οποία θεωρούνται ουσιώδους σημασίας εργαλεία, για την υλοποίηση της πολιτικής αυτής
- Ø Θεσπίζεται υποχρεωτική διαδικασία έγκρισης για κάθε επιχείρηση που αναπτύσσει

δραστηριότητες αξιοποίησης ή διάθεσης αποβλήτων, καθώς επίσης και σύστημα μητρώου και τακτικών ελέγχων των δραστηριοτήτων αυτών

Ένα από τα ουσιώδη στοιχεία της Οδηγίας είναι η θέσπιση διαδικασίας υποχρεωτικής έκδοσης άδειας για κάθε επιχείρηση που αναπτύσσει δραστηριότητες διάθεσης ή αξιοποίησης αποβλήτων, καθώς και συστήματος μητρώου και περιοδικού ελέγχου των δραστηριοτήτων αυτών, όπως προβλέπεται στα άρθρα 9 και 14 [7]

-
- **Οδηγία 2006/12/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5^{ης}**

Απριλίου 2006 περί των στερεών αποβλήτων

Σύμφωνα με την παρούσα οδηγία τα κράτη μέλη οφείλουν:

- ∅ Να λαμβάνουν τα ενδεδειγμένα μέτρα για να προωθούν την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής και της βλαπτικότητας των αποβλήτων, αναπτύσσοντας καθαρότερες και οικονομικότερες τεχνολογίες, διαθέτοντας στην αγορά προϊόντα σχεδιασμένα να συμβάλλουν κατά το δυνατόν λιγότερο στη ρύπανση.
- ∅ Να αξιοποιούν τα απόβλητα με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια που έχει ως στόχο την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών, ή τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας.
- ∅ Να λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για να εξασφαλίζουν ότι η διάθεση ή η αξιοποίηση των αποβλήτων πραγματοποιείται χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η υγεία του ανθρώπου και χωρίς να χρησιμοποιούνται διαδικασίες ή μέθοδοι που ενδέχεται να βλάψουν το περιβάλλον.
- ∅ Να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα, σε συνεργασία με άλλα κράτη μέλη εφόσον αυτό παρίσταται αναγκαίο ή σκόπιμο, ώστε να δημιουργηθεί ολοκληρωμένο και κατάλληλο δίκτυο εγκαταστάσεων διάθεσης των αποβλήτων, που λαμβάνει υπόψη τις καλύτερες διαθέσιμες τεχνολογίες που δεν συνεπάγονται υπερβολικό κόστος. Το δίκτυο αυτό πρέπει να επιτρέπει στην κοινότητα ως σύνολο να καταστεί αυτάρκης στον τομέα της διάθεσης των αποβλήτων της και στα κράτη μέλη να τείνουν χωριστά προς το στόχο αυτό, λαμβανομένων υπόψη των γεωγραφικών συνθηκών ή της ανάγκης ειδικών εγκαταστάσεων για ορισμένες κατηγορίες αποβλήτων
- ∅ Να ορίσουν αρμόδια αρχή επιφορτισμένη με την υλοποίηση της παρούσας οδηγίας
- ∅ Σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», η δαπάνη για τη διάθεση των αποβλήτων βαρύνει τον κάτοχο που παραδίδει απόβλητα σε φορέα συλλογής ή σε επιχείρηση και τους προηγούμενους κατόχους ή τον παραγωγό του προϊόντος που παράγει απόβλητα
- ∅ Αδειοδοτούνται επιχειρήσεις αξιοποίησης αποβλήτων με συγκεκριμένα και αυστηρά κριτήρια [8]

-
- **Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 19^{ης}**

Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών

Η νέα Οδηγία πλαίσιο 2008/98/ΕΚ αντικαθιστά την Οδηγία 2006/12/ΕΚ (και καταργεί τις Οδηγίες για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων και των λιπαντικών (75/439/ΕΚ, 91/689/ΕΚ) και θα πρέπει να ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο των κρατών μελών ως το Δεκέμβριο του 2010. Η αναθεώρηση της Οδηγίας έγινε στα πλαίσια υλοποίησης της Στρατηγικής για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την ανακύκλωση με στόχο να αποσαφηνίσει έννοιες όπως απόβλητο, διάθεση, αξιοποίηση, να ενισχύσει και να προωθήσει την πρόληψη της παραγωγής των απορριμμάτων, να εισάγει την έννοια της ανάλυσης κύκλου ζωής στη λήψη αποφάσεων για την διαχείρισή τους και να προωθήσει την ανάκτηση υλικών και ενέργειας. Η Οδηγία θεσπίζει την ακόλουθη ιεράρχηση ως προτεραιότητα στη νομοθεσία και την πολιτική για τη διαχείριση των απορριμμάτων:

- Ø Πρόληψη
- Ø Ανακύκλωση
- Ø Άλλου είδους ανάκτηση
- Ø Διάθεση

Επίσης καθορίζει πότε η αποτέφρωση των απορριμμάτων θεωρείται ανάκτηση και όχι διάθεση, σε συμφωνία και με τα έγγραφα αναφοράς των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για την αποτέφρωση των αποβλήτων (IPPC Directive).

Η νέα Οδηγία προβλέπει την δημοσίευση κατευθύνσεων για τα κριτήρια ταξινόμησης ενός αποβλήτου ως προϊόντος ή όχι, καθώς και τη θέσπιση ποσοτικών στόχων πρόληψης της παραγωγής των απορριμμάτων από τα κράτη μέλη. Θέτει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους για την αξιοποίηση των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις (70% ως το 2020), ελάχιστο ποσοτικό στόχο ανακύκλωσης των οικιακών αποβλήτων (50% ως το 2020) και προϋποθέτει την ξεχωριστή συλλογή τουλάχιστον του χαρτιού, μετάλλου, πλαστικού και γυαλιού μέχρι το 2015. Αναφορικά με τη διαχείριση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, προτείνει την ξεχωριστή συλλογή τους και τη διερεύνηση του πλαισίου διαχείρισής τους από την Επιτροπή. [9]

1.2 Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα

Η πρώτη διάταξη για τη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα, ήταν η ΥΑ ΕΙβ/301/64 «περί συλλογής, αποκομιδής και διάθεσης απορριμμάτων», η οποία και καθόριζε τις τεχνικές προδιαγραφές για τη διαχείριση των απορριμμάτων και πιο συγκεκριμένα για τη συλλογή αλλά και τη διάθεση αυτών. Σύμφωνα με το άρθρο 7 «Επιτρέπονται κατόπιν αποφάσεως του Νομάρχου εκδιδομένης μετά σύμφωνον γνώμην του Υγειονομικού Κέντρου τη αιτήσει του Δήμου ή της Κοινότητας, αι κάτωθι παρεκκλίσεις των δια της παρούσης καθοριζομένων όρων», δινόταν ουσιαστικά ή δυνατότητα για παρέκκλιση από τα άρθρα της ρύθμισης με απλή απόφαση νομάρχη.

Λίγα χρόνια αργότερα ψηφίζονται οι Νομοθετικές ρυθμίσεις Ν.Δ. 703/1970, Ν. 25/1975, Ν. 429/1976, Ν. 1080/1980 οι οποίες καθορίζουν τον υπολογισμό των δημοτικών τελών καθαριότητας (αποκομιδή απορριμμάτων) με βάση τα τ.μ. του νοικοκυριού. Με βάση τις προαναφερθείσες ρυθμίσεις καθορίζονται σε ετήσια βάση τα δημοτικά τέλη που καλούνται να πληρώσουν οι πολίτες. Η σύνδεση των τελών διαχείρισης απορριμμάτων με το μέγεθος του οικοπέδου και όχι με την παραγωγή αυτών, έχει ως αποτέλεσμα ο πολίτης είτε να μη γνωρίζει είτε να μην έχει κίνητρο να μειώσει τα παραγόμενα απορρίμματα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η εφαρμογή ενός συστήματος κοστολόγησης με βάση τη συμπεριφορά του πολίτη ή της επιχείρησης και όχι την αντικειμενική αξία του ακινήτου και του συνολικού εμβαδόν του.

Το 1985 ψηφίζεται ο Νόμος 1650 «για την προστασία του Περιβάλλοντος», ο οποίος και θέτει το γενικό πλαίσιο αλλά και τους στόχους και τα μέσα για την προστασία του Περιβάλλοντος. Σύμφωνα με το άρθρο 12 ορίζονταν αρμόδιοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, οι ΟΤΑ η οποίοι όμως είχαν τη δυνατότητα να μην διαχειρίζονται απόβλητα που λόγω της σύστασής τους δεν μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά απορρίμματα. Σε αυτή την περίπτωση αρμόδιος για τη διαχείριση με βάση το Νόμο, είναι τα φυσικά ή νομικά πρόσωπα από τις δραστηριότητες των οποίων παράγονται τα συγκεκριμένα απόβλητα.

Η πρώτη προσπάθεια προσαρμογής της Ελληνικής Νομοθεσίας για τη διαχείριση των απορριμμάτων με την αντίστοιχη Κοινοτική έγινε με την ΚΥΑ 49541/1424/86 «Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ». Με την ΚΥΑ αυτή, διατυπώνονται οι βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν τη διαχείριση των απορριμμάτων, ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα η Δημόσια Υγεία και

να μην δημιουργούνται βλάβες στο περιβάλλον, ενώ περιγράφεται για πρώτη φορά η αναγκαιότητα σύνταξης Σχεδίων Διαχείρισης, καθώς και οι διαδικασίες που πρέπει να τηρούνται. Επιπροσθέτως:

Ø Δίνεται ο ορισμός των βασικών εννοιών και ορίζονται οι φορείς διαχείρισης των απορριμμάτων

Ø Καθορίζονται οι φάσεις του σχεδιασμού διαχείρισης

Ø Ρυθμίζεται το θέμα των αδειών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, που χορηγούνται σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα, πέρα των ΟΤΑ. Προβλέπεται επίσης, η άσκηση ελέγχου στις εγκαταστάσεις, βιομηχανίες και επιχειρήσεις που διαχειρίζονται στερεά απόβλητα

Ø Καθορίζονται οι υπόχρεοι καταβολής δαπάνης διαχείρισης και αναφέρονται οι κατά περίπτωση κυρώσεις για τη μη συμμόρφωση των υπόχρεων προς τις οδηγίες των αρμόδιων υπηρεσιών, που μπορεί να είναι ποινικές, διοικητικές ή και χρηματικά πρόστιμα.

Το 1994 συγκροτείται με το Ν. 2242/1994 (άρθρο 4) «Ειδικό Σώμα Ελεγκτών για την Προστασία του Περιβάλλοντος», που τελούσε υπό την «εποπτεία» του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, καθώς και του οικείου Νομάρχη και του Περιφερειάρχη. Ανάμεσα στις αρμοδιότητές του ήταν «η προστασία του περιβάλλοντος από τις καταστροφές του δασικού πλούτου, τις καταπατήσεις των δημόσιων εκτάσεων, τις παράνομες καταμήσεις γης, τις αυθαίρετες κατασκευές, τις παράνομες επεμβάσεις στα ρέματα, στον αιγιαλό και στη ζώνη παραλίας και σε κάθε άλλη παράνομη δραστηριότητα, που μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον». Επίσης, ασκούσε τον έλεγχο για την τήρηση των περιβαλλοντικών όρων σε περιπτώσεις κατασκευής έργων ή εκτέλεσης δραστηριοτήτων που θέτουν σε κίνδυνο το περιβάλλον. Επρόκειτο, όπως αποδείχθηκε, για μια ελάχιστη ευέλικτη υπηρεσιακή μονάδα, που την έφερναν συχνά σε αντιπαράθεση με τις υπηρεσίες της Τοπικής Αυτοδιοίκησης. Με το άρθρο 9 του Ν. 2947/2001, καταργήθηκε το Ειδικό Σώμα Ελεγκτών για την Προστασία του Περιβάλλοντος και προβλέφθηκε η αντικατάστασή του από μια νέα οργανωτική μονάδα. Η «Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Περιβάλλοντος» (Ε.Υ.Ε.Π.) υπάγεται απευθείας στον Υπουργό ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και διαθέτει αρμοδιότητες με περιεχόμενο κυρίως ελεγκτικό και γνωμοδοτικό.

Το 1996 εκδίδεται η ΚΥΑ 69728/824 (καταργήθηκε) στην οποία εκτός από τις γενικές κατευθύνσεις και την κατάρτιση πλαισίου τεχνικών προδιαγραφών, δίδεται

ιδιαίτερη σημασία στη σύνταξη Σχεδίων Διαχείρισης των αποβλήτων και ορίζονται οι αρμόδιοι φορείς τόσο για τον σχεδιασμό, όσο και για την εφαρμογή τους. Σε επίπεδο Νομού, η αρμοδιότητα ανήκει στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση και σε Περίπτωση αδυναμίας της, στην οικεία Περιφέρεια. Δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην εξυγίανση των χώρων διάθεσης, μετά το τέλος της λειτουργίας τους και στην αποκατάσταση ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης. Τέλος, προσαρτώνται σ' αυτήν ως παραρτήματα οι Ευρωπαϊκοί κατάλογοι αποβλήτων (ΕΚΑ), όπως καταγράφονται στην Απόφαση 94/3/ΕΚ. Το ίδιο έτος εκδίδεται η εγκύκλιος 9/96/30-01-1996 του ΥΠΕΧΩΔΕ, με την οποία καθορίζεται πιο αναλυτικά το περιεχόμενο του φακέλου προέγκρισης χωροθέτησης των εγκαταστάσεων διάθεσης απορριμμάτων.

Ένα χρόνο αργότερα με την έκδοση της ΚΥΑ 113944/97 (καταργήθηκε) για τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων και της ΚΥΑ 114218/97 για την Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων ολοκληρώνεται και εξειδικεύεται το νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Λίγα χρόνια αργότερα ο Νόμος 2939/2001 διαμορφώνει το θεσμικό πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Με τον νόμο αυτόν, ενσωματώνεται η Οδηγία 94/62/ΕΟΚ στο Εθνικό Δίκαιο, και καθορίζεται το πλαίσιο για την υλοποίηση προγραμμάτων ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης/αξιοποίησης συσκευασιών και άλλων προϊόντων (μπαταρίες, ηλεκτρονικά, ελαστικά κ.α.), με τη θέσπιση συγκεκριμένων ποσοτικών στόχους και χρονικών ορίων για την προσέγγισή τους. Ειδικά, τα σχετικά προεδρικά διατάγματα καθορίζουν τους επιμέρους όρους για το κάθε ρεύμα αποβλήτου. Ως σήμερα έχουν εκδοθεί τα Π.Δ. 82/2004, 109/2004, 115/2004, 116/2004, 117/2004 και 15/2006 για τα ορυκτέλαια, τα ελαστικά, τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές, τα οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού αντίστοιχα. Μέχρι την έναρξη λειτουργίας του Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. οι αρμοδιότητες που ανατίθενται σε αυτόν με το Νόμο 2939, ασκούνται από τη Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Για το σκοπό αυτό έχει συσταθεί το Γραφείο εναλλακτικής διαχείρισης Συσκευασιών/ άλλων προϊόντων, το οποίο υπάγεται στη Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού και στο οποίο έχει ανατεθεί η εποπτεία και ο έλεγχος εφαρμογής του Νόμου.

Το 2003 δημοσιεύεται η ΚΥΑ 37591/2031/2003 για τη διαχείριση των αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες. Με βάση την παραπάνω ΚΥΑ, υποχρεούνται οι Υγειονομικές Μονάδες να εκπονήσουν Εσωτερικό Κανονισμό Διαχείρισης Επικινδύνων Ιατρικών Αποβλήτων ενώ απαιτείται και η παράλληλη ενεργοποίηση και

συμμετοχή των Επιτροπών Υγιεινής και Ασφάλειας των ΥΜ, οι οποίες θα πρέπει να παίξουν καθοριστικό ρόλο τόσο στην ενημέρωση των εργαζομένων όσο και στην εποπτεία της ορθής λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης των ΕΙΑ. Την ίδια χρονιά δημοσιεύεται η ΚΥΑ 50910/2727/2003 «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης» για την πλήρη συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/156/ΕΟΚ. Στην προαναφερθείσα ΚΥΑ καθορίζονται οι στόχοι και οι αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, καθώς και οι προδιαγραφές του εθνικού (ΕΣΔΑ) αλλά και των περιφερειακών σχεδίων (ΠΕΣΔΑ) για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων. Επιπλέον καθορίζονται οι υπόχρεοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ΦοΣΔΑ) καθώς και μέτρα για την αποκατάσταση και αξιοποίηση των χώρων διάθεσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με την προαναφερθείσα ΚΥΑ.

Οι πιο πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις αφορούν στη δημοσίευση της ΚΥΑ 13588/725/2006 «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων», την έγκριση του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων (Υ.Α. 8668/2007) και τη δημοσίευση του Ν. 3536/2007 ο οποίος καθορίζει τη νομική μορφή των Φορέων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ) και προβλέπει τη δημοσίευση κοινής υπουργικής απόφασης, η οποία θα εξειδικεύει οργανωτικά τους ζητήματα και ζητήματα τιμολογιακής πολιτικής. Θα πρέπει να σημειωθεί τέλος και ο Ν.3688/08, στο άρθρο 15 του οποίου συμπληρώνονται ορισμένες διατάξεις του Ν.33536/07 για τους ΦοΔΣΑ [1]

1.3 Προδιαγραφές Ποιότητας Κόμποστ στην ΕΕ και Διεθνώς

Οι προδιαγραφές ποιότητας του κόμποστ διαφοροποιούνται από κράτος σε κράτος. Για αυτόν τον λόγο θεωρήθηκε σωστό να παρουσιάσουμε και να εξετάσουμε ποικίλα καθιερωμένα και δημοσιευμένα πρότυπα βασισμένα σε τρεις κύριες κατηγορίες που θεωρούνται θεμελιώδεις για το χαρακτηρισμό της ποιότητας. Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν τη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων, την συγκέντρωση επίμονων οργανικών ρύπων, το περιεχόμενο σε παθογόνους μικροοργανισμούς και το επίπεδο ωρίμανσης/σταθεροποίησης του κόμποστ.

1.3.1 Πρότυπα για τα βαρέα μέταλλα

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους στην απόθεση του κόμποστ είναι η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων σε βαρέα μέταλλα καθότι αυτά μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη των φυτών, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και την ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με το υπάρχον νομικό οι ακόλουθοι ρύποι θεωρούνται ως πιθανά τοξικά στοιχεία :

- Ø Αρσενικό (As)
- Ø Κάδμιο (Cd)
- Ø Χρώμιο (Cr)
- Ø Χαλκός (Cu)
- Ø Υδράργυρος (Hg)
- Ø Νικέλιο (Ni)
- Ø Μόλυβδος (Pb)
- Ø Ψευδάργυρος (Zn)

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα όρια σε βαρέα μέταλλα για διάφορες χώρες. Η Γερμανία μπορούμε να διακρίνουμε έχει τα πλέον αυστηρά κριτήρια.

Χώρα	Κανονισμός	Τύπος προτύπων	Cd	Crtot	CrVI	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
Αυστρία	Ποιοτική κατηγορία A+ (οργανική καλλιέργεια)	νομικό διάταγμα	0.7	70	-	70	0.4	25	45	200	-
	Ποιοτική κατηγορία A (καλλιέργεια κήπου)		1	70	-	150	0.7	60	120	500	-
	Ποιοτική κατηγορία B (διαμόρφωση χώρου, αποκατάσταση)		3	250	-	500	3	100	200	1800	-
	Ποιοτική κατηγορία B (διαμόρφωση χώρου, αποκατάσταση)					400				1200	
Βέλγιο	Υπουργείο γεωργίας	νομικό διάταγμα	1.5	70	-	90	1	20	120	300	-
Δανία	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Κανονισμός Νο 49 «Εφαρμογή προϊόντων από απορρίμματα για γεωργική χρήση»)	νομικό διάταγμα	0.8			1000	0.8	30	120/60 για ιδιωτικούς κήπους	4000	25
Φινλανδία	Αποφάσεις του Υπουργείου Γεωργίας και Δασών (46/94)	νομικό διάταγμα	3	-	-	600	2	100	150	1500	50
Γαλλία	Κανονισμός NF U 44 051 για εδαφοβελτιωτικά	νομικό διάταγμα	3				8	200	800		
Γερμανία	Εξασφάλιση ποιότητας RAL GZ	Εθελοντική συμφωνία (QAS)	1.5	100	-	100	1	50	150	400	-
	Διάταξη για οργανικά απορρίμματα (κατηγορία I)	νομικό διάταγμα	1	70		70	0.7	35	100	300	-
	Διάταξη για οργανικά απορρίμματα (κατηγορία I)		1.5	100	-	100	1	50	150	400	-
Ελλάδα	Πλαίσιο προδιαγραφών και γενικά προγράμματα για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων	νομικό διάταγμα	10	510	10	500	5	200	500	2000	15
Ιρλανδία	Χορήγηση αδειών των εργοστασίων επεξεργασίας όπως συμφωνείται με EPA	εθελοντικά	1.5	100	-	100	1	50	150	350	15
	Κατηγορία I	εθελοντικά	1	100	-	100	1	50	100	200	
	Κατηγορία II	εθελοντικά	1.5	150	-	150	1	75	150	400	

Ιταλία	Τεχνικός κανονισμός, DCI 27/07/84 (MSWC) - οριακές τιμές για το στερεό οργανικό μέρος	νομικό διάταγμα	10	500	10	600	10	200	500	2500	10
	Σχέδιο διατάγματος στη χρήση της ποιότητας MBTC	Σχέδιο νόμου	3	-	3	300	3	100	280	1000	-
	Νόμος σχετικά με τα λιπάσματα (L 748/84 amd: 03/98) BWC/GC/SSC	νομικό διάταγμα	1.5	-	0.5	150	1.5	50	140	500	
Λουξεμβούργο	Χορήγηση αδειών για εγκαταστάσεις		1.5	100	-	100	1	50	150	400	-
Ολλανδία	Κόμποστ	νομικό διάταγμα	1	50	-	60	0.3	20	100	200	15
	κόμποστ (πολύ καθαρό)		0.7	50	-	25	0.2	10	65	75	5
Πορτογαλία	Κανονισμός για ιλύς	νομικό διάταγμα	20	1000		1000	16	300	750	2500	-
Ισπανία	Κανονισμός 1310/1990 pH>7 (χρήση ιλύς στη γεωργία)		40	1500	-	1750	25	400	1200	4000	-
	Κανονισμός 1310/1990 pH<7 (χρήση ιλύς στη γεωργία)		20	1000	-	1000	16	300	750	2500	-
	Διαταγή 28/VI/1998 σχετικά με το λίπασμα ΒΟ.Ε.ν'μ.131.2 Ιουνίου 1998	νομικό διάταγμα	10	400	-	450	7	120	300	1100	-
Ισπανικό σχέδιο για την κομποστοποίηση	Κατηγορία ΑΑ	Εν εξελίξη νομικό διάταγμα	2	250	-	300	2	100	150	400	-
	Κατηγορία Α (σταθεροποιημένο απόβλητο)	Εν εξελίξη νομικό διάταγμα	5	400	-	450	5	120	300	1100	-
Σχέδιο της Catalunya στη κομποστοποίηση	Κατηγορία Α	Εν εξελίξη νομικό διάταγμα	2	100	0	100	1	60	150	400	-
	Κατηγορία Β (σταθεροποιημένο απόβλητο)	Εν εξελίξη νομικό διάταγμα	3	250	0	500	3	100	300	1000	-
Σουηδία	Τιμές οδηγίας QAS	Εθελοντικά	1	100	-	100	1	50	100	300	
Ηνωμένο Βασίλειο	«Συμβουλευτική Επιτροπή για τη θέσπιση προτύπων στο κόμποστ» (ACOS)	νομικό διάταγμα (ΕΚ κανονισμός 2092/91)	0.7	70	0	70	0.4	25	45	200	-
	BSI PAS 100:2005	Εθελοντική συμφωνία	1.5	100	-	200	1	50	200	400	-
Καναδάς	BNQ τύποι ΑΑ και Α,		3	210	-	100	0.8	62	150	500	13
	CCME κατηγορία Α		3	210	-	400	0.8	62	150	700	13

	BNQ τύποι Β, CCME κατηγορία Β και AAFC		20	1060*		757*	5	180	500	1850	75
ΗΠΑ	Κανονισμός EPA CFR40/503 για ιλύς		39	κανένα ανώτατο όριο	-	1500	17	420	300	2800	41
	Νέας Υόρκη - Κατηγορία Ι		10	100	-	1000	10	200	250	2500	-
	Ουάσιγκτον – Βαθμός Α		10	600	-	750	8	210	150	1400	20
	Ουάσιγκτον – Βαθμός ΑΑ		39	1200	-	1500	17	420	300	2800	20
	Τέξας - Βαθμός 1 Compost		16	180	-	1020	11	160	300	2190	10
	Τέξας - Βαθμός 2 Compost		39	1200	-	1500	17	420	300	2800	41
	Ποιότητα κόμποστ στο Ινστιτούτο Rodale		4	100	-	300	0.5	50	150	400	10
Αυστραλία	NRMMC ανώτατα όρια κατηγορίας C1		1	100-400		100-200	1	60	150-300	200-250	20
	NRMMC ανώτατα όρια κατηγορίας C2 κόμποστ		20	500-3000		2500	15	270	420	2500	60
Νέα Ζηλανδία	Τιμές DoH (1992)		15	1000	-	1000	10	200	600	2000	-
Ευρωπαϊκή Κοινότητα (ΕΚ)	βιολογική διαχείριση βιολογικών αποβλήτων (κατηγορία 1)	Εν εξελίξη νομικό διάταγμα	0.7	100		100	0.5	50	100	200	
	βιολογική διαχείριση βιολογικών αποβλήτων (κατηγορία 2)		1.5	150		150	1	75	150	400	
	Σταθεροποιημένα βιολογικά απορρίμματα**		5	600		600	5	150	500	1500	
ΕΚ/οικολογικό -σήμα ¹	2001/688/ΕΚ	εθελοντικά	1	100		100	1	50	100	300	10
ΕΚ/οικολογική - γεωργία ¹	2092/91 EC-1488/97 ΕΚ	εθελοντικά	0.7	70	0	70	0.4	25	45	200	

Πίνακας 1. 7 Όρια βαρέων μετάλλων για τα ευρωπαϊκά πρότυπα κόμποστ (mg/kg ξηρής ύλης εκτός από όπου δηλώνεται) [10]

* Θέστε στα πρότυπα BNQ μόνο

** Ομαλοποιημένος σε ένα περιεχόμενο οργανικής ουσίας 30%

1.3.2 Πρότυπα για τους οργανικούς ρύπους στο κόμποστ

Χιλιάδες χημικές ενώσεις εμπεριέχονται σε προϊόντα και υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στη καθημερινή μας ζωή. Πολλές από αυτές είναι μολυσματικές αν και λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης ή της ευκολίας να διασπαστούν από τους μικροοργανισμούς δεν προκαλούν απειλή στο περιβάλλον. Εντούτοις, υπάρχουν μερικές οργανικές ενώσεις που δεν διασπώνται εύκολα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας αποβλήτων και τείνουν να συσσωρεύονται αποτελώντας πηγή ανησυχίας λόγω της τοξικότητάς τους. Υπάρχουν τρεις κύριοι λόγοι γιατί μια οργανική ένωση πρέπει να αντιμετωπίζεται:

- (α) Η αποδόμηση από τους μικροοργανισμούς της σχετικής ένωσης είναι αργή (από μερικούς μήνες έως πολλά έτη) και επομένως υπάρχει κίνδυνος συγκέντρωσης στο χώμα
- (β) Η οργανική ένωση μπορεί να συσσωρευτεί στα ζώα και επομένως θέτει μια σοβαρή απειλή στον άνθρωπο
- (γ) Τα προϊόντα αποδόμησης της οργανικής ένωσης είναι τοξικότερα από την αρχική ένωση.

Σχετικά με τους οργανικούς ρύπους στο κόμποστ, για την ώρα στην ΕΕ μόνο Αυστρία, Δανία και Λουξεμβούργο φαίνεται να ανησυχούν και έτσι έχουν θεσπίσει τα όρια που βλέπουμε στον πίνακα 1.9

Ο Καναδάς δηλώνει ότι δεν υπάρχει κανένας ισχυρός λόγος να συνυπολογισθούν τα όρια οργανικών μολυσματικών παραγόντων στα πρότυπα του κόμποστ και ότι οι οργανικοί μολυσματικοί παράγοντες πρέπει να εξεταστούν για την τυποποίηση του λιπάσματος μόνο στην περίπτωση που πληροφορίες ή επιστημονικά συμπεράσματα το δικαιολογούν.

Στις ΗΠΑ, το ζήτημα της απαγόρευσης των χημικών ουσιών που εισάγονται στο κόμποστ εστιάζεται σε ορισμένα ζιζανιοκτόνα των οποίων ο ρυθμός βιοαποδόμηση είναι πολύ χαμηλός.

Πίνακας 1. 8 Οριακές τιμές για οργανικούς ρύπους και φυτοφάρμακα στο κόμποστ [10]

	Αυστρία MSWC¹	Δανία κόμποστ από βιοαπορρίμματα	Τιμές Λουξεμβούργου για το φρέσκο και ωριμασμένο κόμποστ	Αυστραλία NRMMC
PCB²	1 mg/kg dm		0.1 mg/kg ξ.ο. (4 αναλύσεις το χρόνο)	0.05-0.3 mg/kg ξ.ο.
PCCD/F³			20 mg/kg ξ.ο. (4 αναλύσεις το χρόνο)	
Διοξίνες	50 ng ITEQ/kg ξ.ο.			
PAH⁴	6 mg/kg din	3 mg/kg ξ.ο.	10 mg/kg ξ.ο. (2 αναλύσεις το χρόνο)	
ΑΟΧ⁵	500 mg/kg			
Υδρογονάνθρακες	3000 mg/kg			
LAS⁶		1300 mg/kg ξ.ο.		
NPE⁷		30 mg/kg ξ.ο.		
DEHP⁸		50 mg/kg ξ.ο.		
OCPs⁹				0.02-0.05
DDT/DDD/DDE¹⁰				0.5 mg/kg

1.3.3 Πρότυπα για την περιεκτικότητα σε παθογόνους μικροοργανισμούς, ακαθαρσίες και ζιζάνια

Η πιο καθοριστική παράμετρος που επηρεάζει τον ρυθμό μείωσης των παθογόνων οργανισμών στο τελικό κόμποστ είναι το επίπεδο καθώς και η διάρκεια της θερμοκρασίας κατά την κομποστοποίηση της οργανικής ύλης.

¹ Κόμποστ που παράγεται από αστικά απορρίμματα μόνο

² Πολυχλωριωμένα διφαινύλια

³ Πολυχλωριωμένο διβενζοφουράνιο

⁴ Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες

⁵ Απορροφήσιμα οργανικά αλογόνα

⁶ Άλατα των αλκυλοβενζολοσουλφονικών οξέων

⁷ nonylphenol

⁸ Φθαλικός διεστέρας

⁹ Οργανοχλωρικά φυτοφάρμακα

¹⁰ Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane/ Dichloro – Diphenyl- Dichloroethane/ Dichloro – Diphenyl - Dichloroethylene

Πίνακας 1. 9 Ζεύγη θερμοκρασίας/χρόνου για την αποστείρωση [10]

Χώρα	Ελάχιστη θερμοκρασία °C	Μέρες
Αυστρία		
Βέλγιο	60	4
Δανία	55	14
Γαλλία	60	4
Γερμανίας	55	14
	60 (in-vessel)	7
	65 (not in-vessel)	7
Ιταλία	55	3
Ολλανδία	55	4
Σουηδία	55-77, εξαρτάται από το προς κομποστοποίηση υλικό	
Ηνωμένο Βασίλειο	60 (δεν απαιτείται αλλά στοχεύεται να προσεγγιστεί)	Υπάρχει χρονική περίοδος για την διεργασία αλλά ανεξάρτητη της θερμοκρασίας
Καναδάς (CCME)	55	3 in-vessel 15 for windrow 3 for aerated static pile
ΗΠΑ	55	5 in vessel 15 for windrow
Αυστραλία	55	απαιτήσεις για τρεις στροφές του σωρού με εσωτερική θερμοκρασία που φθάνει τους 55°C για 3 ημέρες πριν από κάθε στροφή
Νέα Ζηλανδία	55	3
Εν εξελίξει νομικό διάταγμα στη ΕΚ για τα βιοαπορρίμματα	55 windrow composting 65 windrow composting 60 in-vessel composting	14 (5στροφές) 1 εβδομάδα (2 στροφές)

Για την παρουσία ζιζανίων, δεν υπάρχει ομοιόμορφη εικόνα μεταξύ των χωρών. Εκείνες οι χώρες με τα αναπτυγμένα συστήματα - Αυστρία και Γερμανία - έχουν πρότυπα σε νομική βάση, όπως και το Βέλγιο. Η Σουηδία, η Ολλανδία, η Δανία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν εθελοντικά πρότυπα σε ισχύ.

Πίνακας 1. 10 Απαιτήσεις σχετικά με τα παθογόνα, τις ακαθαρσίες και τα ζιζάνια σε διάφορες χώρες [10]

Χώρα	Παρουσία παθογόνων	Παρουσία ακαθαρσιών	Παρουσία ζιζανίων
Αυστρία	Νομοθετημένο, εξαρτώμενο από τον τομέα της εφαρμογής	Νομοθετημένο, ακαθαρσίες >2mm, agric: max. 0.5%; non food: max. 1.0%	Νομοθετημένο, για κηπευτική χρήση: μέγιστο όριο είναι 3 φυτά/λίτρο
Βέλγιο Φλαμανδική περιοχή	Νομοθετημένο, έμμεσος έλεγχος διεργασίας	Νομοθετημένο, πέτρες >5 mm, max. 2%, ακαθαρσίες >2mm, max. 0.5%	Νομοθετημένο, κανένας σπόρος ζιζανίων δεν επιτρέπεται
Βέλγιο Waloonia	Νομοθετημένο, έμμεσος έλεγχος διεργασίας	Νομοθετημένο, πέτρες >5 mm, max. 2%, ακαθαρσίες >2mm, max. 0.5%	Νομοθετημένο κανένας σπόρος ζιζανίων δεν επιτρέπεται
Βέλγιο Βρυξέλλες	Νομοθετημένο, έμμεσος έλεγχος διεργασίας	Νομοθετημένο, πέτρες >5 mm, max. 2%, ακαθαρσίες >2mm, max. 0.5%	Νομοθετημένο, κανένας σπόρος ζιζανίων δεν επιτρέπεται
Δανία	Νομοθετημένο	Νομοθετημένο πλαστικό, μέταλλο, γυαλί >2 mm δε μπορεί να υπερβεί το 0.5% βάρος επί ξηράς ουσίας	Εθελοντικά : Πολύ χαμηλά όρια (<0.5 σπόροι και μέρη φυτού /1), σημαντικό(0.5-2/1), Μεγάλο περιεχόμενο (>2/l)
Φινλανδία	Μόνο με παρατήρηση απουσίας παθογόνων	Νομοθετημένο: max 0.5% fin	Όχι
Γαλλία	Νομοθετημένο, κανένας επιβλαβής μικροοργανισμός που μπορεί να επηρεάσει το άτομο, τα ζώα ή το περιβάλλον	Ναι	Όχι
Γερμανία	Νομοθετημένο, έλεγχος διεργασίας της κομποστοποίησης και εξέταση του τελικού προϊόντος	Νομοθετημένο, <0.5% βάρος επί ξ.ο. σε πλαστικό γυαλί και μέταλλο πέτρες μεγέθους >5mm και <5% βάρος επί ξ.ο.	Νομοθετημένο, Για χρήση κόμποστ σε γλάστρες μέγιστο όριο είναι <0.5 φυτά/λίτρο
Ελλάδα	Νομοθετημένο, κανένα εντεροβακτήριο δεν πρέπει να είναι ανιχνεύσιμο	Πλαστικό <0.3% βάρος επί ξ.ο, γυαλί <0.5% βάρος επί ξ.ο	Όχι
Ιρλανδία (χορήγηση αδειών) Χορήγηση αδειών	(καθεστώς χορήγησης αδειών) για τα παθογόνα ανθρώπων και εγκαταστάσεων	<1.5% βάρος επί ξ.ο. και >25 mm r	Όχι

Ιταλία	Νομοθετημένο	νομοθετημένο, πλαστικά (<10 mm): <0.5% βάρους επί ξ.ο.; αδρανή υλικά (<10mm):<1% βάρους επί ξ.ο αδρανή υλικά (>10mm):απόντα	Νομοθετημένο, Ο νόμος χρήσης λιπασμάτων απαιτεί την απουσία ζιζανίων
Λουξεμβούργο Χορήγηση αδειών	Νομοθετημένα, έλεγχος διεργασίας της κομποστοποίησης και εξέταση του τελικού προϊόντος	Νομοθετημένο, πλαστικό, γυαλί, μέταλλο (>2mm) <0.5% βάρους επί ξ.ο; πέτρες(>5mm) <5% βάρους επί ξ.ο	Νομοθετημένο, μέγιστο 2 σπόροι/λίτρο
Ολλανδία	Εθελοντικές δοκιμές προϊόντων	Εθελοντικά, Γυαλί (>2mm) <0.2% βάρους επί ξ.ο, πέτρα (>5mm) <2% βάρους επί ξ.ο, glass (>16m) absent???	Εθελοντικά, μέγιστο όριο είναι 2 σπόροι ή φυτά/λίτρο
Πορτογαλία	Όχι	Όχι	Όχι
Ισπανία	Νομοθετημένο product test	Νομοθετημένο πλαστικά μέρια και άλλα αδρανή δεν πρέπει να είναι πάνω από 10 mm.	Νομοθετημένο, ναι
Σουηδία	Εθελοντικά product test	Εθελοντικά πλαστικό, γυαλί, μέταλλο (>2mm) <0,5% dm	Εθελοντικά, 82 ανα λίτρο
Ηνωμένο Βασίλειο	Εθελοντικά, Salmonella spp πρέπει να είναι απύουσα στα 25gr φρέσκιας μάζας και το ανώτατο όριο Escherichia coli είναι 1000 CFUgr ⁻¹	Εθελοντικά, Για το συνολικό γυαλί, μέταλλο, πλαστικό και οποιαδήποτε μη-πέτρινα τεμάχια >2mm το ανώτατο όριο είναι 0.5 % m/m ξ.ο εκ της οποίας 0.25 είναι πλαστικό Για πέτρες >4mm το ανώτατο όριο είναι 8% m/m ξ.ο.	Εθελοντικά, Δεν επιτρέπεται η ανάπτυξη ζιζανίων

Καναδάς	<p>CCME (νομοθετημένο) Συγκεκριμένη θερμοκρασία – χρόνος κομποστοποίησης για τα απόβλητα αυλής σύμφωνα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία λιπασματοποίησης. (I) Το κόμποστ πρέπει να έχει: Περιττωματικά κολοβακτηρίδια <1000MPN / g ολικά στερεά υπολογιζόμενα επί ξηρού βάρους, όχι Salmonella sp. Ανιχνεύσιμο επίπεδο < 3 MPN / 4g ολικά στερεά υπολογιζόμενα επί ξηρού βάρους. (II) Το κόμποστ των οργανικών αποβλήτων εκτός από της αυλής πρέπει να έχει: Fecal coliforms < 1000 MPN / g ολικά στερεά υπολογιζόμενα επί ξηρού βάρους, ή όχι Salmonella sp. Με επίπεδο ανίχνευσης < 3 MPN / 4 ολικά στερεά υπολογιζόμενα επί ξηρού βάρους.</p> <p>BNQ (Εθελοντικά) θέτει όρια για faecal coliforms και απουσία της Salmonellae</p>	<p>CCME (Νομοθετημένο) και BNQ (εθελοντικά) Ξένη ύλη ορίζεται αυτή που ξεπερνά τα 2 mm προερχόμενη από ανθρώπινη παρέμβαση και είναι οργανιοκά ή ανόργανα συστατικά όπως μέταλλο γυαλί και πολυμερή τα οποία μπορούν να είναι παρόντα στο κόμποστ αποκλείοντας τα ορυκτά χρώματα ξύλα και πέτρες.</p>	Όχι
ΗΠΑ	Νομοθετημένο - product test	όχι	Όχι
Αυστραλία	Κανόνες και οδηγίες	<p>Εθελοντικά Γυαλί, μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά >2 mm 50.5%dm; Πλαστικά εύκαμπτα >5 mm, 80.05% dm; Πέτρες 85% dm Οι προμηθευτές και οι πελάτες ενθαρρύνονται να συμφωνήσουν σε ένα αποδεκτό ανώτατο όριο της οπτικής μόλυνσης από το ελαφρύ πλαστικό</p>	Όχι
Νέα Ζηλανδία	Εθελοντικά	Να διαπερνά 100% 15mm x 15mm κόσκινο	Όχι

Μορφοποιήθηκε: Γραμματοσειρά: Arial, 12 pt

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΤΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 Εισαγωγή

Η διάθεση της τεράστιας ποσότητας των απορριμμάτων και ιδιαίτερα του οργανικού κλάσματος αυτών, που παράγονται στο νομό Αττικής αποτελεί οξύ, επίκαιρο και διαχρονικό περιβαλλοντικό πρόβλημα που άπτεται άμεσα της ανθρώπινης υγιεινής και ως συνέπεια αυτού απαιτεί μια βιώσιμη, περιβαλλοντικά αποδεκτή και αποδοτική λύση.

Με τον όρο «οργανικό (βιοαποδομήσιμο) κλάσμα αστικών απορριμμάτων» εννοούνται τα απόβλητα εκείνα που χαρακτηρίζονται από σχετικά ταχύ ρυθμό αποσύνθεσης (βιοαποδομήσιμα απόβλητα) και αφορούν κυρίως τα διατροφικά απόβλητα που παράγονται από τις αντίστοιχες ανθρώπινες δραστηριότητες στις κατοικίες.

Οι έως τώρα πρακτικές, με κυρίαρχη αυτήν της τελικής διάθεσης σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.), έχουν αποδειχτεί ανεπαρκείς καθώς η παραμονή και αποσύνθεση των αποβλήτων αυτών εντός ή επί του εδάφους ρυπαίνει τόσο το ίδιο το έδαφος όσο και τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Επιπλέον:

§ Δεν λαμβάνονται υπόψη οι βασικές αρχές που διέπουν την ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων και ειδικότερα την εφαρμογή πρακτικών μείωσης τους (ανάκτηση, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση υλικών που περιέχονται σε αυτά)

§ Υφίσταται δυσκολία για την εξεύρεση κατάλληλων χώρων υγειονομικής ταφής των αποβλήτων

§ Η μεταφορά και ταφή του συνόλου των απορριμμάτων στους χώρους αυτούς οδηγεί σε πλήρωσή τους μέσα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα

§ Η έλλειψη δικτύου απομάκρυνσης του βιοαερίου που εκλύεται από τα σκουπίδια κατά τη διαδικασία αποσύνθεσής τους σε αυτούς τους χώρους εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για τους εργαζόμενους και το περιβάλλον.

§ Δεν υπάρχει κοινωνική αποδοχή για την κατασκευή και λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής, ειδικά σε περιοχές που η μέχρι σήμερα πρακτική αφορούσε αποκλειστικά σε τελική απόθεση των αποβλήτων σε χώρους ανεξέλεγκτης ή ημι-ελεγχόμενης απόρριψης (χωματερές).

Σε σχετική μελέτη που διενεργήθηκε από το ΤΕΕ επισημαίνεται ότι :

§ Ιδρύονται ΧΥΤΑ (Χώροι Υγειονομικής Ταφής) που ονομάζονται ΧΥΤΥ (Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων), αν και δέχονται ανεπεξέργαστα σκουπίδια.

§ Οι νέοι ΧΥΤΑ στην Αττική έχουν προδιαγραφές για ανεπεξέργαστα απορρίμματα.

§ Οι περιφερειακοί σχεδιασμοί -και ειδικότερα αυτός της Αττικής- δεν δίνουν ολοκληρωμένες, αξιόπιστες, εφαρμόσιμες λύσεις. Απαιτείται επανασχεδιασμός σε εθνική βάση.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι οι παράνομες χωματερές λειτουργούν ακόμη, μολύνοντας με διοξίνες, εδάφη, νερά και αέρα, προκαλώντας πυρκαγιές, παρά το ότι είναι χρόνια γνωστό πως, ως 31-12-2008 έπρεπε, όχι μόνο να κλείσουν, αλλά και να αποκατασταθούν. Απόρροια τούτου, είναι η επιβολή προστίμων από την Ε.Ε. που ανέρχονται στο ποσό 34.000 ευρώ την ημέρα για κάθε χωματερή! Τα πρόστιμα επιβάλλονται στους δήμους και λογικά θα επιβαρύνουν τους δημότες. Αυτό όμως δεν εμποδίζει τους δήμους σήμερα, να δαπανούν τεράστια ποσά για να μεταφέρουν τα απορρίμματά τους σε άγνωστες τοποθεσίες προκαλώντας ακόμα μεγαλύτερη περιβαλλοντική καταστροφή αφού οι τοποθεσίες αυτές δεν πληρούν καμία απολύτως προδιαγραφή προκειμένου να δεχθούν τα απορρίμματα.

Ως εκ τούτου, στα πλαίσια μιας ορθολογικής περιβαλλοντικής πολιτικής στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων, κρίνεται σκόπιμη η ανάληψη δράσεων σε τοπικό επίπεδο, δηλαδή σε επίπεδο Δήμων. Το γεγονός αυτό, θα είχε ως αποτέλεσμα την ανάδειξη του μεγέθους και της οξύτητας του προβλήματος μέσα στις τοπικές κοινωνίες και την επακόλουθη ανάληψη δράσεων από τον κάθε Δήμο συνολικά και από κάθε πολίτη ειδικά, για τον περιορισμό του όγκου των απορριμμάτων, την εφαρμογή πρακτικών ανάκτησης και ανακύκλωσης κλπ. Οι πολίτες πρέπει να συνειδητοποιήσουν τη δύναμη της γνώμης και της επιλογής τους, την σημαντικότητα της συμμετοχής τους και να ενισχύσουν και να στηρίξουν τις επιλογές των εκπροσώπων της τοπικής Αυτοδιοίκησης.



Εικόνα 2.1. Χωματερή Άνω Λιοσίων: Το κλείσιμο του τμήματος 2 του ΧΥΤΑ(7/07/2006) δίνει τη θέση του στο λεγόμενο "ενδιάμεσο κύτταρο" του οποίου ακόμη η κατασκευή δεν έχει ολοκληρωθεί

Με βάση υπολογισμούς και στοιχεία που συλλέχθηκαν τον Μάιο του 2004 παρατηρήθηκε ότι η υφιστάμενη κατάσταση αναφορικά με τη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων που παράγονται από περίπου 4.000.000 κατοίκους στην επικράτεια του νομού Αττικής (92 Δήμοι και 30 Κοινότητες), αφορά:

§ Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων που ξεπερνά τους 7.500 τόνους

§ Περίπου 95% της ποσότητας αυτής καταλήγει σε Χ.Υ.Τ.Α. και κυρίως σε αυτών των Άνω Λιοσίων

§ Περίπου το 47% της ίδιας ποσότητας αποτελείται από βιοαποδομήσιμα (διατροφικά) απόβλητα

§ Σε ημερήσια βάση, οι Χ.Υ.Τ.Α. δέχονται πάνω από 3.500 τόνους οργανικών αποβλήτων

§ Ένας κάτοικος παράγει κατά μέσο όρο 0,6 κιλά διατροφικών αποβλήτων ανά ημέρα. Ως συμπέρασμα εξακολουθεί να υπάρχει ένα σημαντικό έλλειμμα σε υποδομές επεξεργασίας και διάθεσης στερεών αποβλήτων. Το ποσοστό ανακύκλωσης παραμένει ακόμη σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα. με αποτέλεσμα, σήμερα στη χώρα μας δαπανώνται μεγάλα ποσά για τη συλλογή και τη μεταφορά των αποβλήτων και πολύ μικρότερα για την επεξεργασία και τη διάθεσή τους.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία καθίσταται επιτακτική η εύρεση λύσης τόσο ως προς τη μείωση της ποσότητας των οργανικών αποβλήτων που οδηγούνται στους Χ.Υ.Τ.Α., όσο και ως προς την περιβαλλοντικά αποδεκτή διαχείριση κατά την παραγωγή τους.

2.2 Είδη απορριμμάτων

Στα στερεά απόβλητα συμπεριλαμβάνεται ένα ευρύ φάσμα επιμέρους ρευμάτων αποβλήτων κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετική προέλευση και χαρακτηριστικά (δημοτικά απόβλητα, βιομηχανικά απόβλητα, υλικά κατασκευών κτλ.).

Τα απορρίμματα που πρόκειται να συλλεχθούν, να μεταφερθούν και να διατεθούν είναι:

§ Τα κατάλοιπα κάθε φύσης που περιλαμβάνουν κυρίως οικιακά απορρίμματα, στάχτες, κατάλοιπα γυαλιών, φύλλα, σκουπίσματα, χαρτιά και άλλα που τοποθετούνται μέσα σε πλαστικές ή χάρτινες σακούλες ή δοχεία.

§ Απορρίμματα από βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις, γραφεία, κτίρια διοίκησης, αυλές και κήπους, τοποθετημένα σε δοχεία ή σάκους στις ίδιες συνθήκες με τα οικιακά.

§ Κοπριές, αφυδατωμένες ιλύς, προϊόντα από τους καθαρισμούς των δημόσιων οδών, των δημόσιων πάρκων, των νεκροταφείων και βοηθητικών κτιρίων, συγκεντρωμένων σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.

§ Τα προϊόντα καθαρισμού και τα κατάλοιπα, χώρων εκθέσεων, αγορών, χώρων δημόσιων εορτών, θέσεων συγκέντρωσης ζώων, συγκεντρωμένων και τοποθετούμενων σε μεγάλα κοντέινερ για την εκκένωσή τους.

§ Τα απορρίμματα από σχολεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, φυλακές και όλα τα δημόσια κτίρια, συγκεντρωμένα σε δοχεία συλλογής σε κατάλληλους χώρους και

§ Ογκώδη αντικείμενα εγκαταλελειμμένα σε δημόσιους χώρους ή τοποθετημένα σε καθορισμένες θέσεις, καθώς και τα πτώματα μικρών ζώων.

Στον ορισμό των οικιακών απορριμμάτων δεν περιλαμβάνονται:

§ Τα αδρανή και τα κατάλοιπα των δημοσίων έργων

§ Οι βιομηχανικές στάχτες και σκουριές, τα ανατομικά και μολυσματικά απορρίμματα των νοσοκομείων και κλινικών και τα απορρίμματα σφαγείων

§ Ογκώδη απορρίμματα πολύ μεγάλου βάρους ή διαστάσεων ή τέτοιας φύσης, που δεν μπορούν να φορτωθούν σε συνήθη μεταφορικά μέσα.

2.3. Σύσταση των οικιακών απορριμμάτων

Σύμφωνα με άρθρο της Εφημερίδας “Καθημερινή” (Γιώργου Λάλιου, 14/5/06), περισσότερο πλαστικό και λιγότερα οργανικά υπολείμματα περιέχουν τα απορρίμματά μας, σε σχέση με τις αρχές της δεκαετίας του ’80. Η μεταβολή αυτή αντικατοπτρίζει όχι μόνο την αύξηση στη χρήση του πλαστικού στις συσκευασίες και στα προϊόντα, αλλά και την αλλαγή στις καταναλωτικές μας συνήθειες. Στην ανακύκλωση πάντως η Ελλάδα βρίσκεται ακόμα στο ένα τρίτο του ευρωπαϊκού μέσου όρου, αν και τα τελευταία χρόνια προχωράει με γοργούς ρυθμούς.

Στην Ελλάδα οι έρευνες αυτές είναι λιγοστές. Για την ακρίβεια, μέχρι πρότινος είχε γίνει μόλις μια πριν από αρκετά χρόνια, το 1982-83, σε επτά πόλεις: Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Ρόδο, Χανιά, Κω, Καλαμάτα και Νάξο. Στην Αθήνα, λοιπόν, περισσότερα από τα μισά απορρίμματα που κατέληγαν στους κάδους ήταν ζυμώσιμα υλικά (56%), δηλαδή υπολείμματα τροφών και άλλα οργανικά υλικά. Το ένα πέμπτο των απορριμμάτων ήταν χαρτί ή χαρτόνι (20%), ενώ σχετικά χαμηλό ήταν το ποσοστό των πλαστικών (λ.χ. συσκευασίες προϊόντων, πλαστικά αντικείμενα) που κατέληγε στα σκουπίδια πριν από είκοσι χρόνια (7% του συνόλου των απορριμμάτων). Τέλος, σε μικρότερες ποσότητες περιέχονταν δέρμα-ξύλο-λάστιχο (4%), τα μέταλλα (3%) και το γυαλί (2,5%), ενώ αδρανή υλικά (λ.χ. μπάζα) και διάφορες άλλες κατηγορίες ανέρχονταν στο 7,5%.

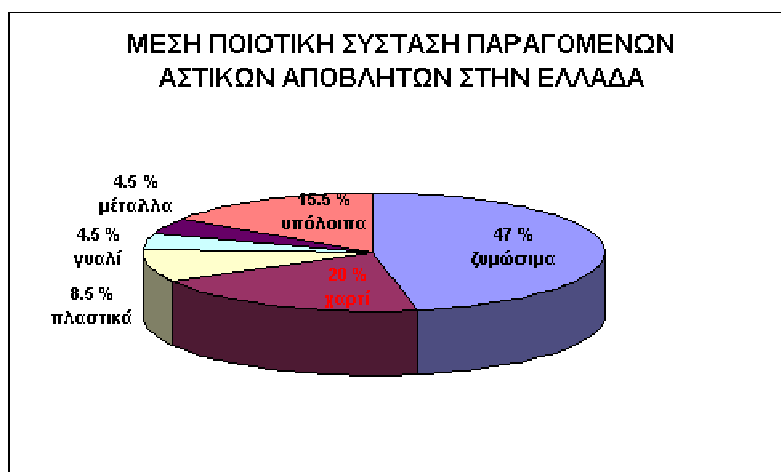
Σύμφωνα με μια πρώτη εκτίμηση, ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων σήμερα στην Αθήνα εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (40%), αν και πλέον σε μικρότερο ποσοστό. Αντίθετα έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο (29%) η παρουσία χαρτιού και χαρτονιού, ενώ διπλασιάστηκε το ποσοστό των πλαστικών (14%). Στα ίδια επίπεδα περίπου εκτιμάται ότι περιέχεται στα απορρίμματά μας γυαλί (3%), μέταλλα (3%), αδρανή (3%), δέρμα-ξύλο-λάστιχο (2%), ενώ το υπόλοιπο 6% αποτελείται από διάφορα άλλα υλικά.

Πίνακας 2.1. Σύσταση των απορριμμάτων

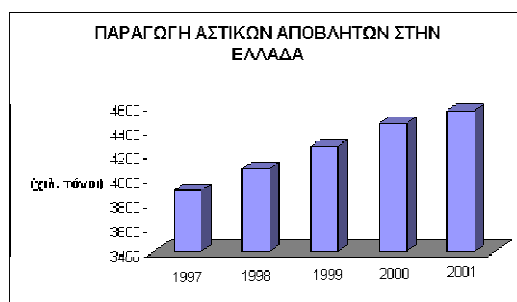
Είδος αποβλήτων	Σύσταση απορριμμάτων (% ποσοστό)		
	Αττική		Ελλάδα
	Έρευνα 1982-3	Έρευνα σήμερα	Στοιχεία ΕΔΠΠ (1997-2001)
Ζυμώσιμα	56	40	47
Χαρτί	20	29	20
Πλαστικό	7	14	8,5
Μέταλλο	3	3	4,5
Γυαλί	2,5	3	4,5
Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο	4	2	15,5
Αδρανή και Άλλα	7,5	9	

Στατιστικά στοιχεία από το Εθνικό Δίκτυο Πληροφοριών Περιβάλλοντος (ΕΔΠΠ) δίνουν επίσης μια εικόνα για τη μέση σύσταση των αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα και τον όγκο των παραγόμενων απορριμμάτων από το 1997 μέχρι το 2001.

Διάγραμμα 2.1 Μέση ποιοτική σύσταση παραγόμενων ΑΣΑ



Διάγραμμα 2.2. Παραγωγή ΑΣΑ



2.4. Έργα διαχείρισης στερεών απορριμμάτων (ΑΣΑ) στην Ελλάδα

Με βάση τα προβλεπόμενα στην νομοθεσία, οι Περιφερειακές Διοικήσεις έχουν προχωρήσει στην κατάρτιση ΠΕΣΔΑ, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Ενδεικτικά έργα που σχετίζονται με την ολοκληρωμένη διαχείριση είναι:

- Αποκαταστάσεις ΧΑΔΑ
- Χώροι Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ, ΧΥΤΥ, ΧΥΤ αδρανών) και επεκτάσεις αυτών
- Σταθμοί μεταφόρτωσης αποβλήτων (ΣΜΑ)
- Κέντρα Διαλογής Ανάκτησης Υλικών (ΚΔΑΥ)
- Μονάδες επεξεργασίας (σύμμεικτων ΑΣΑ, κομποστοποίησης, ανακύκλωσης, κλπ)
- Μονάδες διαχείρισης αγροτικών αποβλήτων
- Μηχανικός εξοπλισμός για την αποκομιδή ή την επεξεργασία αποβλήτων
- Προγράμματα διαλογής στην πηγή.

Η κατάσταση όσον αφορά στο επίπεδο ωριμότητας κάθε Περιφέρειας σε θέματα σχεδιασμού διαχείρισης στερεών αποβλήτων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις αναθεώρησης των ΠΕΣΔΑ που προβλέπονται από την ΚΥΑ 50910/2727/2003, παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.2. Μελέτη ΠΕΣΔΑ ανά την Ελλάδα

Περιφέρειες	Υφίσταται Μελέτη Αναθεώρησης ΠΕΣΔΑ	Υφίσταται Αναθεωρημένη Απόφαση ΠΕΣΔΑ
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Κεντρικής Μακεδονίας	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Δυτικής Μακεδονίας	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Ηπείρου	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Θεσσαλίας	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Ιονίων Νήσων	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Δυτικής Ελλάδος	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Στερεάς Ελλάδος	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Αττικής	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Πελοποννήσου	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Β. Αιγαίου	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Ν. Αιγαίου	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Κρήτης	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί δίνονται στοιχεία για τα μέχρι σήμερα υφιστάμενα και υπό υλοποίηση έργα διαχείρισης αποβλήτων στη Χώρα, με βάση τους υφιστάμενους Περιφερειακούς Σχεδιασμούς (ΠΕΣΔΑ).

Πίνακας 2.3 Υφιστάμενα και υπό υλοποίηση έργα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων [Πηγή: Εγκεκριμένοι ΠΕΣΔΑ και Επικοινωνίες με Περιφέρειες]

α/α	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ Α.Σ.Α.				ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ		ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΔΙΠΛΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΣΥΝΟΛΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΥΠΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	ΧΥΤΑ ΑΔΡΑΝΩΝ		ΚΕΝΤΡΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ	
		Μεγάλοι ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ		Μικροί ΧΥΤΑ				Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση	Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση			Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση	Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση
		Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ (νέοι και επεκτάσεις)	Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση	Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση										
1	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	3	1	0	0	0	14	0	0	0	0	3	15	0	0	0	0
2	Κεντρικής Μακεδονίας	7	8	0	0	3	5	0	0	0	0	10	13	0	0	1	0
3	Δυτικής Μακεδονίας	1	1	0	0	8	2	0	0	0	0	9	3	0	0	0	0
4	Ηπείρου	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
5	Θεσσαλίας	2	7	0	0	0	10	0	0	0	0	2	17	0	0	2	0
6	Ιονίων Νήσων	4	3	0	0	1	0	0	0	0	0	5	3	0	0	2	0
7	Δυτικής Ελλάδας	3	5	0	0	0	5	0	0	0	0	3	10	0	0	1	0
8	Στερεάς Ελλάδας	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	1	0
9	Αττικής	1	3	0	0	11	1	1	0	0	0	13	4	0	0	0	0
10	Πελοποννήσου	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0
11	Β. Αιγαίου	0	6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
12	Ν. Αιγαίου	7	12	0	6	0	0	0	0	0	0	7	18	0	1	0	1
13	Κρήτης	10	6	0	0	1	1	1	1	0	0	12	8	0	0	2	0
	ΣΥΝΟΛΟ	44	59	0	8	24	39	3	1	0	0	71	107	0	1	10	1

2.5. Απαιτούμενα νέα έργα ΔΣΑ (σύμφωνα με τους ΠΕΣΔΑ)

Όσον αφορά στα έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, στον πίνακα 2.5 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο αριθμός και το κόστος των έργων που θα πρέπει να υλοποιηθούν για να ολοκληρωθούν οι υποδομές που προβλέπονται από τους ΠΕΣΔΑ της χώρας.

Οι εκτιμήσεις για το κόστος των προτεινόμενων υποδομών έγιναν με βάση τις προβλέψεις των μελετών των περιφερειακών σχεδιασμών, ενώ σε ορισμένες Περιφέρειες όπου δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία, έγινε εκτίμηση του κόστους με βάση τα στοιχεία παρόμοιων έργων άλλων Περιφερειών. Εκτιμάται ότι ο αριθμός και το κόστος των προτεινόμενων υποδομών είναι

πιθανόν να μεταβληθεί σε επόμενες αναθεωρήσεις των ΠΕΣΔΑ. Σε κάθε περίπτωση από τα στοιχεία του πίνακα 2.5, όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.4 που ακολουθεί, προκύπτει ότι απαιτούνται περίπου 366 εκ. ευρώ για υποδομές μεταφόρτωσης και τελικής διάθεσης (συμπεριλαμβανομένης της αναβάθμισης-αποκατάστασης υφιστάμενων ΧΥΤΑ) καθώς και περίπου 650 εκ. ευρώ για υποδομές επεξεργασίας Α.Σ.Α. Τέλος, για τις υποδομές διαχείρισης ειδικών ρευμάτων (για τις Περιφέρειες όπου στους αναθεωρημένους ΠΕΣΔΑ υπάρχει εκτίμηση του αριθμού του υποδομών) εκτιμάται ότι θα απαιτηθούν περίπου 140 εκ. ευρώ.

Πίνακας 2.4 Εκτιμώμενο κόστος/ Κατηγορία υποδομών

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ		ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ (χιλ. ευρώ)
ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Α.Σ.Α.	ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ Α.Σ.Α.	157.569
	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΧΥΤΑ	100.000
	ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ	108.438
	ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΛΗΨΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	534.465
	ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	115.000
ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1.015.472
ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ	ΚΕΝΤΡΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ	61.157
	ΧΥΤ ΑΔΡΑΝΩΝ	78.600
	ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	139.757
ΣΥΝΟΛΟ		1.155.229

Πίνακας 2.5 Έργα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων που θα πρέπει να υλοποιηθούν ανά Περιφέρεια με βάση τις προβλέψεις των σχετικών Περιφερειακών Σχεδιασμών

α/α	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ Α.Σ.Α.					ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ		ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΣΥΝΟΛΟ Προβλεπόμενης προτασόμενων (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)	ΧΥΤΑ ΑΔΑΡΑΝΩΝ		ΚΕΝΤΡΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ	
		Μεγάλοι ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ			Μικροί ΧΥΤΑ		Προβλεπόμενα για ζυμηματοδότηση	Προβλεπόμενος προτασόμενος (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)	Προβλεπόμενα για ζυμηματοδότηση	Προβλεπόμενος προτασόμενος (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)	Προβλεπόμενα για ζυμηματοδότηση	Προβλεπόμενος προτασόμενος (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)		Προβλεπόμενα για ζυμηματοδότηση	Προβλεπόμενος προτασόμενος (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)	Προβλεπόμενα για ζυμηματοδότηση	Προβλεπόμενος προτασόμενος (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)
		Προβλεπόμενα για ζυμηματοδότηση	Εκπέσεις Προτασόμενες για ζυμηματοδότηση	Προβλεπόμενος προτασόμενος (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)	Προβλεπόμενα για ζυμηματοδότηση	Προβλεπόμενος προτασόμενος (ζυλάδες, ΕΥΡΩ)											
1	Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	0	5	10.000	1	600	1	800	0	0	0	0	11.400	5	4.000	6	3.716
2	Κεντρικής Μακεδονίας	5	2	32.086	0	0	11	9.000	6	249.000	0	0	290.086	17	13.600	8	14.400
3	Δυτικής Μακεδονίας	0	0	0	0	0	0	0	1	25.000	0	0	25.000	10	8.000	5	2.741
4	Ηπείρου	0	0	0	0	0	8	4.998	1	12.000	0	0	16.998	4	3.200	1	1.800
5	Θεσσαλίας	1	0	5.000	0	0	1	1.040	3	12.000	0	0	18.040	8	6.400	1	1.800
6	Ιονίων Νήσων	1	1	3.750	6	3.900	5	3.800	4	12.000	0	0	23.450	4	3.200	2	2.400
7	Δυτικής Ελλάδας	1	0	8.000	0	0	4	3.400	3	24.000	0	0	35.400	3	2.400	2	3.600
8	Στερεάς Ελλάδας	5	0	20.500	0	0	9	9.200	5	25.000	0	0	54.700	5	4.000	0	0
9	Αττικής	0	0	0	2	3.500	12	56.650	3	120.200	0	0	180.350	5	6.000	3	18.000
10	Πελοποννήσου	5	0	22.000	0	0	8	5.600	0	0	1	35.000	62.600	7	5.600	1	1.800
11	Β. Αιγαίου	1	0	2.800	0	0	5	1.180	5	10.265	0	0	14.245	5	4.000	3	2.900
12	Ν. Αιγαίου	8	0	19.833	6	3.000	4	2.000	3	9.000	0	0	33.833	26	7.800	10	8.000
13	Κρήτης	3	0	22.200	1	400	8	10.770	3	36.000	1	80.000	149.370	13	10.400	0	0
	ΣΥΝΟΛΟ	30	8	146.169	16	11.400	76	108.438	37	534.465	2	115.000	915.472	112	78.600	42	61.157

Σημειώσεις

1. Για την κοστολόγηση ΧΥΤΑ με γινώστο μέγεθος εξυπηρετούμενου πληθυσμού (> 5000) χρησιμοποιήθηκε εμπειρική σχέση ισοδύναμο πληθυσμού και κόστους έργου. Για εξυπηρετούμενο πληθυσμό μικρότερο από 5000 θεωρήθηκε αντιπροσωπευτικό κόστος 1.200.000 €. Για τις μονάδες των οποίων το μέγεθος εξυπηρετούμενου πληθυσμού δεν είναι γνωστό θεωρήθηκε ότι θα κοστίζουν περίπου 5.000.000 €.
2. Όσα Κέντρα Ανακύκλωσης Υλικών δεν ήταν καταλογισμένα, προτιμολογούνται βάσει πρότυπης μονάδας Κ.Δ.Α.Υ. 150000 ισοδυνάμων ατόμων ενδεικτικού προϋπολογισμού 1.800.000 €.
3. Ενδεικτικό κόστος Μονάδας μηχανικής επεξεργασίας και λιπασματοποίησης θεωρείται ότι θα κοστίζουν 8.000.000 €, εκτός αν αναφέρεται κάτι διαφορετικό.
4. Σε όσες περιπτώσεις έχουν γίνει παραδοχές, με βάση τα τοπικά δεδομένα στις εκάστοτε περιφέρειες αναφέρεται στον πίνακα του επαναλαμβανόμενου 1.

2.6 Στόχοι διαχείρισης των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων

Ειδικά όσον αφορά στη διαχείριση των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας 99/31 για την υγειονομική ταφή, όπως αυτή ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με την ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508, προβλέπεται ότι :

- Το σύνολο των ΧΥΤΑ που λειτουργούν από το 2003 και έπειτα, δεν πρέπει να δέχονται μη επεξεργασμένα απόβλητα, υπό την έννοια της επεξεργασίας που δίνεται στο άρθρο 2 της ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508.

- Οι υφιστάμενοι ΧΥΤΑ οφείλουν να θέσουν σε λειτουργία συστήματα επεξεργασίας των αποβλήτων, υπό την έννοια της επεξεργασίας που δίνεται στο άρθρο 2 της ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508, το αργότερο μέχρι το τέλος του 2010.

Η Εθνική Στρατηγική για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που προορίζονται προς διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ), καθορίζει συγκεκριμένους στόχους για τα έτη 2010 και 2013.

Οι στόχοι αυτοί έχουν γνωστοποιηθεί στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2003 και έχουν περιληφθεί στον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης (Μη Επικινδύνων) Στερεών Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) ο οποίος έχει θεσμοθετηθεί με την ΚΥΑ 50910/2727/2003.

Συγκεκριμένα προβλέπεται:

- Για το έτος 2010, εκτροπή Β.Α.Α. = 1100 τόνοι/έτος.
- Για το έτος 2013, εκτροπή Β.Α.Α. = 1950 τόνοι/έτος.

Οι στόχοι αυτοί προέκυψαν ύστερα από ανάλογη μελέτη και στηρίζονται σε στοιχεία σύνθεσης και ποσότητας αποβλήτων με έτος βάσης το 1995, όπως εξάλλου ορίζει η Οδηγία 99/31 (ενσωματώθηκε στο Εθνικό Δίκαιο με την ΚΥΑ 29407/2002).

Οι στόχοι αυτοί θα επιτευχθούν με μονάδες επεξεργασίας Β.Α.Α. και μονάδες ανακύκλωσης χαρτιού. Ειδικότερα στον στόχο για το έτος 2010 (1100 τόνοι/έτος) όπως και στον στόχο 2013 (1950 τόνοι/έτος) εμπεριέχεται και η ποσότητα του χαρτιού το οποίο θα συλλέγεται και θα ανακυκλώνεται.

Η κατανομή των στόχων αυτών ανά Περιφέρεια παρουσιάζεται στον πίνακα 2.6, στον οποίον επίσης παρουσιάζονται και οι προτάσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ για την κατασκευή των απαιτούμενων Μονάδων Επεξεργασίας Απορριμμάτων που απαιτούνται για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι.

Από τον πίνακα 2.6 προκύπτει η εξής ανάλυση:

- Έτος 2010: Με τα υφιστάμενα και τα προτεινόμενα έργα προκύπτει

συνολική εκτροπή Β.Α.Α. 775,7 τόνοι/έτος. Η υπολειπόμενη ποσότητα για την επίτευξη του στόχου θα προκύψει από τις ποσότητες του ανακυκλώσιμου χαρτιού το οποίο είναι Β.Α.Α. και συνυπολογίζεται. Το αντίστοιχο ισχύει και για το έτος 2013.

- Έτος 2013: Με τα υφιστάμενα και τα προτεινόμενα έργα προκύπτει

συνολική εκτροπή Β.Α.Α. 1475,7 τόνοι/έτος. Η υπολειπόμενη ποσότητα για την επίτευξη του στόχου θα προκύψει από τις ποσότητες του ανακυκλώσιμου χαρτιού.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι η χώρα μας θα υπερβεί τα ποσοστά που ορίζει η Οδηγία 99/31 Ε.Ε. Ο συνδυασμός πρόσφατων εκτιμήσεων για την σύνθεση και την ποσότητα του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αστικών αποβλήτων και αποτελεσμάτων του προγράμματος ανακύκλωσης αποβλήτων υλικών συσκευασίας, οδηγεί στην διαπίστωση ότι απαιτείται η τροποποίηση – επικαιροποίηση των στόχων της Εθνικής Στρατηγικής για τη μείωση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αστικών αποβλήτων.

Πίνακας 2.6 Πίνακας προτάσεων ΥΠΕΧΩΔΕ για την επεξεργασία βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΣΤΟΧΟΣ 2010 (ΒΑΑ προς επεξεργασία), τν	ΣΤΟΧΟΣ 2013 (ΒΑΑ προς επεξεργασία), τν	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ Σ (εργαστάσια)	Β.Α.Α. ΕΠΕΞΕΡΓΑ ΖΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ 2010	ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ 2013
ΑΤΤΙΚΗ	435.000	750.000	1 ΕΜΑΚ Ανα Λιτσίων	301 χιλ. τόνοι /έτος	Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων συνολικής δυναμικότητας 200 χιλ. τόνοι /έτος	Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων συνολικής δυναμικότητας 100 χιλ. τόνοι /έτος
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	180.000	315.000			Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων συνολικής δυναμικότητας 180 χιλ. τόνοι /έτος	Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων συνολικής δυναμικότητας 150 χιλ. τόνοι /έτος
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ- ΘΡΑΚΗ	60.000	101.000				1 Μονάδα Επεξεργασίας Απορριμμάτων δυναμικότητας 100 χιλ. τόνοι /έτος

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΣΤΟΧΟΣ 2010 (ΒΑΑ προς επεξεργασία),τν	ΣΤΟΧΟΣ 2013 (ΒΑΑ προς επεξεργασία),τν	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ Σ (εργαστάσια)	Β.Α.Α. ΕΠΕΞΕΡΓΑ ΖΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ 2010	ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ 2013
ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	30.000	50.000				1 Μονάδα Επεξεργασίας Απορριμμάτων δυναμικότητας 50 χιλ. τόνοι /έτος
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	80.000	135.000				Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων συνολικής δυναμικότητας 135 χιλ. τόνοι /έτος
ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	60.000	100.000				
ΗΠΕΙΡΟΣ	31.100	55.000				

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΣΤΟΧΟΣ 2010 (ΒΑΑ προς επεξεργασία),τν	ΣΤΟΧΟΣ 2013 (ΒΑΑ προς επεξεργασία),τν	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ Σ (εργαστάσια)	Β.Α.Α. ΕΠΕΞΕΡΓΑ ΖΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ 2010	ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ 2013
ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	70.500	125.000				Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων συνολικής δυναμικότητας 125 χιλ. τόνοι /έτος
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	60.000	100.000	1 ΕΜΑΚ Καλαμάτας	31 χιλ. τόνοι /έτος		
ΚΡΗΤΗ	60.000	100.000	1 ΕΜΑΚ Χανίων	63,7 χιλ. τόνοι /έτος		1 Μονάδα Επεξεργασίας Απορριμμάτων δυναμικότητας 40 χιλ. τόνοι /έτος
ΣΥΝΟΛΟ				395,7 χιλ. τόνοι /έτος	380 χιλ.τόνοι /έτος	700 χιλ. τόνοι /έτος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Εισαγωγή

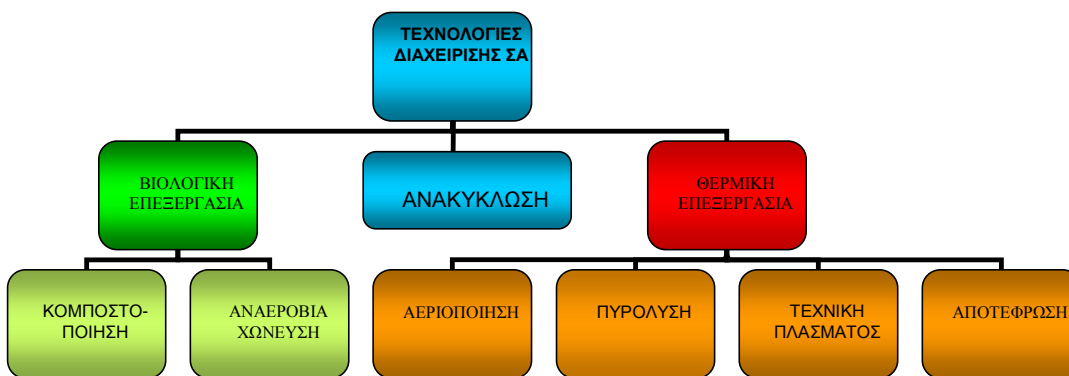
Το φαινόμενο της αστυφιλίας σε συνδυασμό με την τρομερή βιομηχανική αλλά κυρίως τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών οδήγησε στην αλματώδη αύξηση της ποσότητας των στερεών αποβλήτων γεγονός που αποτελεί σήμερα, ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας. Τα απορρίμματα δημιουργούν σημαντικά υγειονομικά προβλήματα, τόσο από άποψη της υγιεινής του περιβάλλοντος, όσο και της δημόσιας υγείας και επιδημιολογίας. Στην Ελλάδα, το θέμα των απορριμμάτων έχει προσλάβει εκρηκτική διάσταση, εξαιτίας της έλλειψης, μέχρι πρόσφατα, περιβαλλοντικής ευαισθησίας και της απουσίας ολοκληρωμένης πολιτικής για τη διαχείριση τους.

Όπως περιγράφηκε στο 2^ο κεφάλαιο, χιλιάδες τόνοι απορριμμάτων καταλήγουν ετησίως σε ακατάλληλες χωματερές με αποτέλεσμα να συντελούνται περιβαλλοντικά εγκλήματα όσον αφορά τη μόλυνση και τη ρύπανση. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των αστικών αποβλήτων. Αλλά τι περιλαμβάνει ένα τέτοιο σύστημα και ποιο είναι το σκεπτικό στο οποίο βασίζεται;

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αστικών αποβλήτων λοιπόν, περιλαμβάνει την εφαρμογή προγραμμάτων για τη βελτιστοποίηση του συστήματος συλλογής, τον περιορισμό της παραγωγής αποβλήτων, την διαλογή στην πηγή, την ανακύκλωση των διαχωρισθέντων υλικών, την εφαρμογή συστημάτων μεταφόρτωσης για την αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας του συστήματος, τη χρήση μεθόδων επεξεργασίας με στόχο την ενεργειακή αξιοποίηση ή την επαναχρησιμοποίηση των υλικών και τη διάθεση του τελικού υπολείμματος σε σύγχρονους χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ).

Σύμφωνα και με όσα ορίζει η ΚΥΑ 29407/3508 για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων, δεν επιτρέπεται η διάθεση σε ΧΥΤΑ αποβλήτων που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία. Σύμφωνα με την ίδια ΚΥΑ, ως επεξεργασία ορίζονται οι φυσικές,

θερμικές, χημικές ή βιολογικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της διαλογής, που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, προκειμένου να περιοριστούν ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητές τους, να διευκολυνθεί η διακίνησή τους ή να βελτιωθεί η ανάκτηση χρήσιμων υλών. Κατά συνέπεια, ως επεξεργασία εννοείται η διαλογή στην πηγή (συσκευασιών, οργανικών, πράσινων, επικίνδυνων οικιακών κ.α.), η μηχανική διαλογή, η μεταφόρτωση και η δεματοποίηση, καθώς και όλες οι τεχνολογίες θερμικής, φυσικής, χημικής και βιολογικής επεξεργασίας.



Σχήμα 3. 1 Τεχνικές διαχείρισης ΣΑ

Η σύγχρονη απάντηση που οδηγεί στην αειφόρο διαχείριση των απορριμμάτων είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων με στόχο να αναζητηθεί ο βέλτιστος συνδυασμός των μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων, ώστε το τελικό σύστημα να είναι περιβαλλοντικά αποτελεσματικό – οικονομικά εφικτό – κοινωνικά αποδεκτό.

Θα πρέπει να επισημάνουμε, πως δεν υπάρχει βέλτιστη τεχνολογία για το σύνολο των περιπτώσεων διαχείρισης στερεών αποβλήτων, καθώς κάθε μία από αυτές παρουσιάζει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από τους αρμόδιους φορείς (ΦοΔΣΑ) που θα κληθούν να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τα έργα. Κρίσιμη παράμετρος σχεδιασμού είναι η ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αλλά και ο βαθμός ανάπτυξης της αγοράς για την αξιοποίηση των προϊόντων (π.χ. RDF, Compost, ανακυκλώσιμα υλικά). Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας

που θα επιλεγθεί, τόσο από οικονομική (βιωσιμότητα της μονάδας, απαιτούμενο κόστος επεξεργασίας ή και διάθεσης) όσο και από τεχνική και περιβαλλοντική άποψη (βαθμός αξιοποίησης δευτερογενών προϊόντων, τελική εκτροπή από ΧΥΤΥ κ.α.).

3.2 Ανάκτηση υλικών: επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση

Η ανάκτηση των υλικών περιλαμβάνει τόσο την άμεση **επαναχρησιμοποίηση** επιλεγμένων υλικών π.χ. μπουκάλια, όσο και την **ανακύκλωση** κατά την οποία τα ανακτηθέντα υλικά μετά από επεξεργασία επανέρχονται στο φυσικό και οικονομικό κύκλο.

Η άμεση επαναχρησιμοποίηση, κάποτε αρκετά διαδεδομένη υπό ορισμένες μορφές σε τοπικές αγορές, είναι μάλλον περιορισμένη σήμερα διεθνώς, παρά τις προσπάθειες για ευρύτερη εφαρμογή της. Η επαναχρησιμοποίηση γυάλινων μπουκαλιών εξακολουθεί να αποτελεί την κύρια μέθοδο επαναχρησιμοποίησης, ωστόσο η διεύρυνση των αγορών και το υφιστάμενο καθεστώς της ελεύθερης αγοράς στην Ευρωπαϊκή Ένωση δημιουργούν σοβαρές, όχι μόνο τεχνολογικές, αλλά και νομικές δυσκολίες.

Με την εξεταζόμενη μορφή, η ανακύκλωση αφορά σε υλικά όπως χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο, άλλα μέταλλα, πλαστικά, έπιπλα και είδη ένδυσης, υπολείμματα κατασκευών και κατεδαφίσεων και ελαστικά οχημάτων. Καθοριστικοί παράγοντες για ένα σύστημα ανακύκλωσης είναι το σύστημα διαλογής, η διάθεση στην αγορά ανακυκλωμένων προϊόντων και η οργανωτική, οικονομική και θεσμική στήριξη. [11]

3.2.1 Συστήματα διαλογής

Διαλογή στην πηγή

Η **διαλογή στην πηγή** είναι η μέθοδος ανακύκλωσης κατά την οποία τα ανακυκλούμενα υλικά διαχωρίζονται στην πηγή παραγωγής τους. Οι σπουδαιότερες μορφές οργάνωσης της μεθόδου αυτής είναι τα μόνιμα και τα εθελοντικά σχήματα ανακύκλωσης. Τα πρώτα εφαρμόζουν την ανακύκλωση σε μόνιμη βάση, με ειδικό

προσωπικό και με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού. Είναι αποτελεσματικότερο σύστημα αλλά έχει αυξημένο κόστος σε σχέση με το δεύτερο, που συνίσταται στη χρήση εθελοντών σε εποχιακή βάση και συνήθως για ένα συγκεκριμένο είδος υλικού που μπορεί να παρουσιάζει έξαρση. **[11]**

Οι τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν για την ανάκτηση υλικών μέσω προγραμμάτων διαλογής στην πηγή είναι οι εξής:

§ Η συλλογή πόρτα πόρτα. Στην περίπτωση αυτή, οι κάτοικοι τοποθετούν στην πόρτα τους τα προς ανάκτηση υλικά προκαθορισμένες μέρες, ώστε να συλλεχθούν από το προσωπικό του το οποίο έχει την ευθύνη για την εφαρμογή του προγράμματος. Συνήθως ανακτώνται χαρτί, πλαστικό, γυαλί και μεταλλικά κουτιά. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας από άλλα προγράμματα διαλογής στην πηγή, ωστόσο είναι πιο αποτελεσματική ως προς το τελικό αποτέλεσμα καθώς ανακτάται καλύτερη ποιότητα και μεγαλύτερη ποσότητα υλικών, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένα έσοδα τα οποία και αντισταθμίζουν το λειτουργικό κόστος.

§ Συλλογή σε ειδικούς κάδους. Η εφαρμογή της πρακτικής αυτής περιλαμβάνει την τοποθέτηση σε προσβάσιμα σημεία, ειδικών κάδων στους οποίους και απορρίπτονται τα προς ανακύκλωση υλικά. Χρησιμοποιείται ένας κάδος για κάθε υλικό ή ένας για όλα και στη συνέχεια τα υλικά διαχωρίζονται στο κέντρο ανακύκλωσης. Η μέθοδος αυτή προτιμάται σε πυκνοδομημένες περιοχές αφού η συλλογή πόρτα πόρτα είναι προβληματική.

§ Λειτουργία κέντρων συλλογής υλικών. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο πρόγραμμα οι κάτοικοι διαχωρίζουν τα προς ανακύκλωση υλικά και τα μεταφέρουν στο κέντρο συλλογής από όπου και μεταφέρονται στον υπεύθυνο φορέα ανακύκλωσης. Η τακτική αυτή εφαρμόζεται σε αραιοκατοικημένες περιοχές όπου δε μπορούν να εφαρμοστούν οι προηγούμενες μέθοδοι.

§ Λειτουργία κέντρων αγοράς υλικών. Αποτελούν επέκταση των κέντρων συλλογής και συγκεκριμένα προβλέπονται οικονομικά κίνητρα για αύξηση της συμμετοχής των πολιτών. Το σύστημα μπορεί να είναι οικονομικά αποτελεσματικό για περιοχές με πληθυσμό από 10000 – 30000 κατοίκους. **[12]**

Μηχανική διαλογή

Με τη μέθοδο της **μηχανικής διαλογής** διαχωρίζονται τα διάφορα υλικά από το ρεύμα των ΑΣΑ με μηχανικά μέσα. Πρόκειται για τα πιο προηγμένα συστήματα ανάκτησης υλικών αποτελώντας σημαντική λύση για τις περιπτώσεις που δεν εφαρμόζεται η διαλογή στην πηγή. Υπάρχουν δύο βασικά συστήματα διαχωρισμού, ο υγρός και ο ξηρός που αποτελεί και την πλειοψηφία των εγκαταστημένων μονάδων μηχανικής διαλογής ΑΣΑ. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου επιτρέπει την ενιαία συμβατική συλλογή και μεταφορά των ΑΣΑ ως την μονάδα διαλογής.

Με τις διαδικασίες της μηχανικής διαλογής είναι δυνατόν να επιτευχθούν:

- ∅ Ο διαχωρισμός των χρήσιμων υλικών, όπως χαρτί - χαρτόνι, μέταλλα, πλαστικό, γυαλί κλπ, με σκοπό την ανακύκλωση τους.
- ∅ Η εξασφάλιση πρώτης ύλης για παραγωγή εδαφοβελτιωτικού
- ∅ Η παραγωγή καύσιμης ύλης με τη μορφή RDF (Refuse Derived Fuel).
- ∅ Η βελτίωση των συνθηκών εφαρμογής αποτέφρωσης
- ∅ Η μείωση του όγκου των αποβλήτων.

Τα στάδια ενός συστήματος μηχανικής διαλογής είναι:

Κατάμηση: Ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος μηχανολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει κρουστικούς θραυστήρες, σφυρόμυλους, περιστροφικούς κόπτες, κυλινδρικούς θραυστήρες, σφαιρόμυλους, τεμαχιστές ογκωδών αντικειμένων κλπ.

Ταξινόμηση και διαχωρισμός: Ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος μηχανολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει κόσκινα δονούμενα, περιστροφικά, τράπεζες, βαλλιστικούς διαχωριστήρες, αεροδιαχωριστήρες ζικ - ζακ, οριζόντιους, ηλεκτρικούς και μαγνητικούς διαχωριστήρες, αναμίκτες, ομογενοποιητές, επίπλευση κλπ.

Συμπίεση: Ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος μηχανολογικός εξοπλισμός περιλαμβάνει σφαιριδιοποιητές, μπρικετοποιητές, πρέσες κλπ. [11]

3.2.2 Διάθεση ανακυκλωμένων υλικών στην αγορά

Στόχος της ανακύκλωσης είναι η διάθεση των ανακτημένων υλικών στην αγορά. Κατά συνέπεια είναι κατ' αρχήν απαραίτητη η εκτίμηση του κόστους ενός

προγράμματος ανακύκλωσης, το οποίο επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι:

∅ Τα χαρακτηριστικά **των οικιακών** απορριμμάτων, όπως ποσότητα, σύνθεση, ομοιογένεια, μεταβλητότητα των ιδιοτήτων τους σε συνάρτηση με το χρόνο και το χώρο κλπ.

∅ Τα χαρακτηριστικά **του εφαρμοζόμενου** συστήματος:

- Η πυκνότητα συλλογής. Πυκνός κάναβος χωροθέτησης των κάδων συλλογής ευνοεί την συμμετοχή των πολιτών αλλά αυξάνει το κόστος.

- Η συχνότητα συλλογής. Η απόδοση και το κόστος αυξάνει ανάλογα με την αύξηση της συχνότητας συλλογής. Κατά κανόνα οι βέλτιστες τιμές κυμαίνονται από 0,5 -1 κύκλο ανά εβδομάδα.

- Το κόστος μεταφοράς, που συνήθως αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό στο ολικό κόστος ανάκτησης κάποιου υλικού.

- Η εικόνα των κάδων. Οι κάδοι πρέπει να είναι καλαίσθητοι, ευδιάκριτοι, εύκολα προσπελάσιμοι, να υπενθυμίζουν με την παρουσία τους χωρίς να προκαλούν.

∅ **Το ποσοστό συμμετοχής** είναι η παράμετρος εκείνη που ουσιαστικά καθορίζει την

τύχη ενός προγράμματος διαλογής στην πηγή. Να υπογραμμιστεί ότι αυτή η μέθοδος ανακύκλωσης εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από την εθελοντική συμμετοχή των κατοίκων σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους. Αύξηση του ποσοστού συμμετοχής οδηγεί σε μείωση του κόστους ανάκτησης των υλικών. Οι έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα κοινωνικά χαρακτηριστικά των κατοίκων (μορφωτικό επίπεδο, οικονομική κατάσταση κλπ) και άλλα χαρακτηριστικά της περιοχής (τύπος κατοικίας κλπ) επηρεάζουν το ποσοστό συμμετοχής που συνήθως κυμαίνεται σε ποσοστά κάτω από 50 %. Έχει φανεί ότι το ποσοστό συμμετοχής και η ποσότητα των συλλεγομένων ΑΣΑ αυξάνουν όσο εντείνονται τα προγράμματα πληροφόρησης.

Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι, με βάση καθαρά οικονομικές θεωρήσεις, η ανακύκλωση δεν μπορεί να δικαιολογηθεί, καθώς δεν μπορεί να διαμορφωθεί μια ελκυστική και ανταγωνιστική τιμή σε σύγκριση με προϊόντα από πρώτη ύλη. Έτσι τα προγράμματα ανακύκλωσης μπορεί να καταστούν βιώσιμα μόνο στα πλαίσια επιδοτούμενων, για περιβαλλοντικούς και οικολογικούς λόγους, πολιτικών και στο βαθμό που εξασφαλίζεται η απαραίτητη θετική (και μεταφραζόμενη σε αποδεκτή

οικονομική επιβάρυνση) στάση των καταναλωτών. Αξίζει πάντως να επισημανθεί ότι αν και η ανακύκλωση είναι δικαιολογημένη ως γενική οικολογική αρχή, δεν είναι σωστό να επιβάλλεται αδιακρίτως για κάθε κατηγορία υλικού που βρίσκεται στα απορρίμματα και ανεξάρτητα από το χρηματικό κόστος, το οποίο δεν είναι ανεξάρτητο από την εν γένει προστασία του περιβάλλοντος και από την εν γένει διαφύλαξη των φυσικών πόρων. [11]

3.3 Βιολογικές Μέθοδοι Επεξεργασίας

3.3.1 Γενικά

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας, όπως υποδηλώνει και η ονομασία τους, μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε απόβλητα που επιδέχονται τέτοια επεξεργασία, ήτοι σε βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων (κοπριές, φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών, απόβλητα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, ελαιοπυρήνα κλπ), πολλά στερεά απόβλητα και ιλύς από βιομηχανίες τροφίμων, η ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων (BAA). Το τελευταίο, υπόκειται περιορισμούς της Οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή (1999/31/ΕΕ) που επιβάλλουν τη σταδιακή εκτροπή του από τη διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α., από το 2010 έως το 2020 για την Ελλάδα.

Όσον αφορά τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα, οι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας μπορούν να δεχθούν:

- Ø Το βιοαποδομήσιμο κλάσμα μετά από διαλογή στην πηγή, το οποίο μετά από μια αερόβια φάση βιοσταθεροποίησης μπορεί να χαρακτηριστεί ως «κομπόστ» και χαρακτηρίζεται από υψηλή ποιότητα, χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και πολλές διεξόδους αξιοποίησης (π.χ. ως εδαφοβελτιωτικό, υλικό επικάλυψης λατομείων)
- Ø Ένα εμπλουτισμένο σε βιοαποδομήσιμα υλικά κλάσμα, που προέρχεται από εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής. Δεδομένου ότι η μηχανική διαλογή (δηλαδή οι μηχανικοί διαχωρισμοί με χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού όπως κόσκινα, μαγνήτες, κ.λ.π.), εφαρμόζεται σε σύμμεικτα απορρίμματα όπως αυτά έρχονται με τα απορριμματοφόρα, η ποιότητα του εμπλουτισμένου αυτού κλάσματος και κατ'

επέκταση του προϊόντος μετά τη βιολογική επεξεργασία, εξαρτάται από τις επιμέρους διεργασίες της μηχανικής διαλογής. Σε κάθε περίπτωση όμως η ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του κομπόστ που περιγράφηκε παραπάνω, γι' αυτό και συνήθως αναφέρεται ως υλικό «τύπου κομπόστ». [1]

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας βασίζονται στην ελεγχόμενη ανάπτυξη και δράση των μικροοργανισμών, οι οποίοι επεξεργάζονται τα βιοαποδομήσιμα απορρίμματα. Σκοπός της βιολογικής επεξεργασίας είναι η εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών εντός της εγκατάστασης οι οποίες θα ευνοούν το μέγιστο δυνατό ρυθμό αναπαραγωγής των μικροοργανισμών και διάσπασης των αποβλήτων.

Οι βασικές μορφές βιολογικής επεξεργασίας των οργανικών βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων είναι (α) η αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίηση ή βιολογική ξήρανση) η οποία μελετάται εκτενέστερα στο κεφάλαιο 4 και (β) η αναερόβια χώνευση

3.3.2 Αναερόβια βιολογική επεξεργασία

Κατά την αναερόβια βιολογική επεξεργασία (αναερόβια ζύμωση), πραγματοποιείται αποδόμηση των οργανικών ουσιών με τη βοήθεια μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου. Το αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η παραγωγή σταθεροποιημένου οργανικού υλικού και αερίου υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο (CH_4), ενώ περιέχει και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Η αναερόβια επεξεργασία γίνεται σε κλειστούς αντιδραστήρες κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, τη μείωση του όγκου των ΑΣΑ και τη βιολογική σταθεροποίησή τους. [1]

Η συνολική διαδικασία διεξάγεται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο (υδρόλυση) πραγματοποιείται ενζυμική μετατροπή των οργανικών ενώσεων υψηλού μοριακού βάρους σε παράγωγα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας και κυτταρικής ύλης. Στο δεύτερο στάδιο (οξυγενής ζύμωση), οι ενώσεις που προήλθαν από το πρώτο στάδιο μετατρέπονται σε ενδιάμεσα προϊόντα χαμηλού

μοριακού βάρους (pH: 4,5 – 6,5). Στο τρίτο στάδιο (μεθανογενής ζύμωση), τα προϊόντα της οξυγενούς ζύμωσης μετατρέπονται σε απλούστερα τελικά προϊόντα και κυρίως CH₄ και CO₂ (pH:6,8–7,2). [12]

Η τεχνολογία της αναερόβιας ζύμωσης αναπτύχθηκε αρχικά για την επεξεργασία ρευστών κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων και της ιλύος των βιολογικών καθαρισμών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των εγκαταστάσεων που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των βιοαποδομήσιμων αστικών απορριμμάτων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3. 1 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα της αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας [12]

Τεχνολογία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Αναερόβια βιολογική επεξεργασία	<p>Αρκετά παραδείγματα αντίστοιχων μονάδων επεξεργασίας διαχωρισμένων ΑΣΑ</p> <p>Δύναται να παραμετροποιηθεί ώστε να δώσει διαφορετικά προϊόντα βιοαέριο, compost, SRF</p> <p>Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το βιοαέριο θα συμβάλει στην προσέγγιση των στόχων για τις ΑΠΕ</p> <p>Δυνατότητα επεξεργασίας των υπολειμμάτων από τροφές (π.χ. κρέας) και ενδεχόμενη χρήση του παραγόμενου προϊόντος ως εδαφοβελτιωτικού</p> <p>Δύναται να ενσωματωθεί στο σχεδιασμό διαχείρισης ΑΣΑ και να συνδυαστεί με άλλη μέθοδο επεξεργασίας</p>	<p>Συνήθως απαιτείται μηχανική προεπεξεργασία του ρεύματος των αποβλήτων</p> <p>Ωριμη τεχνολογία για την επεξεργασία της λάσπης, νέα όμως για την επεξεργασία των ΑΣΑ</p> <p>Η αποδοτικότητα του συστήματος είναι συνάρτηση της διαλογής του οργανικού κλάσματος</p> <p>Υψηλή κατανάλωση νερού</p> <p>Αυξημένη οπτική όχληση σε σχέση με άλλες τεχνολογίες επεξεργασίας λόγω της χρήσης υψηλών δεξαμενών</p>

3.3.3 Μονάδες μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας

Οι συνδυασμένες μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (ΜΒΕ) έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας τόσο σύμμεικτων αστικών στερεών αποβλήτων, όσο και επιλεγμένων ρευμάτων για παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών και ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης να δώσουν ως τελικό προϊόν RDF, SRF, compost. Τα τρία στάδια των ΜΒΕ είναι:

- Ø Διαχωρισμός υλικών – Μηχανικός διαχωρισμός υλικών

- Ø Βιολογική επεξεργασία – Σταθεροποίηση, μείωση του όγκου των αποβλήτων
- Ø Παραγωγή προϊόντων – Υλικά επικάλυψης ΧΥΤΑ, SRF, ανακυκλώσιμα

Η βιολογική επεξεργασία όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, δύναται να είναι αερόβια και αναερόβια. Τα βασικά είδη εγκαταστάσεων μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας και κατά συνέπεια τα παραγόμενα προϊόντα από την επεξεργασία των αποβλήτων συνοψίζονται στον Πίνακα που ακολουθεί

Πίνακας 3. 2 Τύπος μονάδας επεξεργασίας απορριμμάτων και αντίστοιχο παραγόμενο προϊόν [1]

Τύπος Μονάδας	Παραγόμενο προϊόν
Μηχανική επεξεργασία και αερόβια κομποστοποίηση	Ανακυκλώσιμα υλικά (χαρτί κ.α.), RDF, Βιοσταθεροποιημένο υλικό για compost, κάλυψη ΧΥΤΑ ή αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία και αναερόβια χώνευση	Ανακυκλώσιμα, RDF, Βιοαέριο, βιοσταθεροποιημένο απόρριμμα
Μηχανική επεξεργασία Αναερόβια χώνευση	Ανακυκλώσιμα, RDF Βιοαέριο, βιοαέριο
Αερόβια κομποστοποίηση	Υλικό για αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία Βιολογική ξήρανση	Ανακυκλώσιμα (μέταλλα) SRF

Στην αγορά υπάρχει σημαντικός αριθμός ΜΒΕ. Αυτά τα συστήματα έχουν αναπτυχθεί περισσότερο από μεθόδους θερμικής επεξεργασίας, όπως είναι η πυρόλυση, η αεριοποίηση, μέθοδοι που βασίζονται στο πλάσμα και άλλα καινοτόμα συστήματα, τα οποία, όπως και η ΜΒΕ, πλάσονται στην αγορά ως νέες προσεγγίσεις στην επεξεργασία των αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, διεθνώς λειτουργούν συνολικά 80 μονάδες ΜΒΕ, συνολικής δυναμικότητας 8.500.000 τόνων ετησίως, ενώ στο άμεσο μέλλον αναμένεται η θέση σε λειτουργία ακόμη 43 μονάδων, επιπλέον δυναμικότητας της τάξης των 4.500.00 τόνων ετησίως. [i]

3.3.4 Βιολογική Ξήρανση

Αποτελεί τεχνική προεπεξεργασίας των ΑΣΑ με στόχο την ενεργειακή αξιοποίησή τους. Ειδικότερα στοχεύει στη μείωση της υγρασίας των ΑΣΑ και κατά επέκταση του όγκου τους, στη διευκόλυνση του μηχανικού διαχωρισμού των άχρηστων υλικών και στην παραγωγή SRF. Με τη μέθοδο αυτή το νερό που βρίσκεται στα απόβλητα

απομακρύνεται σε μικρό χρονικό διάστημα με την ανάπτυξη βιοθερμικής ενέργειας. Η πιο σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο βαθμός ομογενοποίησης των αποβλήτων που εισέρχονται στους ξηραντήρες. Οι ξηραντήρες είναι συνήθως είτε κλειστές δεξαμενές εντός βιομηχανικών κτιρίων είτε κουτιά ορθογώνιου σχήματος (bio-boxes) τα οποία είναι αεροστεγώς κλειστά ώστε να αποφεύγονται οι εκπομπές οσμών και άλλων αερίων. [1]

3.4 Θερμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας

3.4.1 Γενικά

Η θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ, τόσο για μείωση του όγκου όσο και για ανάκτηση ενέργειας, αποτελεί ενδιαφέρουσα εφαρμογή στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων. Με τη θερμική επεξεργασία γίνεται μετατροπή των στερεών απορριμμάτων σε αέρια και στερεά προϊόντα, ενδεχόμενα δε και υγρά, με ταυτόχρονη ή επακόλουθη απελευθέρωση θερμικής ενέργειας. Κατά τη θερμική επεξεργασία απαραίτητη διαδικασία είναι η εξάτμιση της υγρασίας των στερεών αποβλήτων. [11]

Κύριος στόχος της θερμικής επεξεργασίας είναι:

- § Η ελαχιστοποίηση του τελικού προς διάθεση όγκου απορριμμάτων
- § Η πλήρης αξιοποίηση όλων των καύσιμων συστατικών τους
- § Η παραγωγή αξιοποιήσιμης ενέργειας και η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης
- § Η τήρηση όλων των νομικών περιορισμών, όσον αφορά τις κάθε είδους περιβαλλοντικές οχλήσεις (ειδικότερα η αποφυγή δημιουργίας και εκπομπής οργανικών ενώσεων όπως διοξίνες και φουράνια)

Σε γενικές γραμμές οι βασικές αρχές λειτουργίας και οι προδιαγραφές, που πρέπει να πληρούνται, σε όλες τις εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΣΑ, είναι κοινές και μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν:

- Ø Σταθερές συνθήκες λειτουργίας
- Ø Ευχέρεια προσαρμογής σε απότομες αλλαγές της σύστασης και της ποσότητας τροφοδοσίας

Ø Ευελιξία προσαρμογής στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις

της σύνθεσης και της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου

Ø Πλήρης έλεγχος των ρύπων στις εκπομπές

Ø Μεγιστοποίηση της αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ø Ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας.

Ο πίνακας 3.3 συνοψίζει τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, όσον αφορά στις συνθήκες λειτουργίας των αντίστοιχων εγκαταστάσεων και τα προκύπτοντα προϊόντα.

Πίνακας 3.3 Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και προϊόντων των τριών βασικότερων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΣΑ (European Commission 2005) [13]

	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Αποτέφρωση
Συνθήκες λειτουργίας			
Θερμοκρασία αντίδρασης (°C)	250 – 700	500 – 1600	800 – 1450
Πίεση (bar)	1	1 – 45	1
Ατμόσφαιρα	Αδρανής / Άζωτο	Παράγοντας αεριοποίησης O ₂ , H ₂ O	Αέρας
Στοιχειομετρική αναλογία	0	<1	>1
Προϊόντα			
Αέρια φάση	H ₂ , CO, H ₂ O, N ₂ , υδρογονάνθρακες	H ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂ , CH ₄	CO ₂ , H ₂ O, N ₂ , O ₂
Στερεά φάση	Τέφρα, κωκ	Τέφρα, σκωρία	Τέφρα, σκωρία
Υγρή φάση	Έλαια πυρόλυσης και νερό	Μικρή ποσότητα συμπυκνωμένου υγρού	

Στον πίνακα 3.4 που ακολουθεί, φαίνεται ενδεικτικά, η θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ καθώς και του RDF (καύσιμο υλικό από τα απορρίμματα)

Πίνακας 3.4 Θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ και RDF σε σχέση με το ποσοστό υγρασίας που περιέχουν

Υλικό	Υγρασία (%)	Κατώτερη Θερμογόνος δύναμη (KJ/Kg)
ΑΣΑ	45	Περίπου 8000
RDF	10-25	12000-18000
Χαρτί	15-30	10000-15000

Η θερμογόνος δύναμη του RDF εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από την αποτελεσματικότητα του μηχανικού διαχωρισμού που εφαρμόζεται για την παραγωγή του. Αυξημένος βαθμός απομάκρυνσης των αδρανών και των οργανικών ουσιών, κατά το μηχανικό διαχωρισμό, συνεπάγεται αυξημένη θερμογόνο δύναμη του RDF, ενώ παράλληλα σημαίνει μειωμένη υγρασία και παραγόμενη τέφρα. Ειδικά για την τέφρα αξίζει να τονισθεί ότι αντιπροσωπεύει περί το 10%κ.β. του τροφοδοτούμενου RDF και για υγρασία 25% αυτού. Το παραπάνω ποσοστό επηρεάζεται από τη σύνθεση του RDF.

Οι κυριότερες μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας είναι :

- Ø Η Αποτέφρωση-Καύση
- Ø Η Πυρόλυση
- Ø Η Αεριοποίηση και
- Ø Η τεχνική πλάσματος

3.4.2 Αποτέφρωση – Καύση

Η ανεξέλεγκτη καύση των απορριμμάτων εφαρμοζόταν από αρχαιοτάτων χρόνων και ακόμα εφαρμόζεται σε μη ανεπτυγμένες τεχνολογικά και οικονομικά χώρες. Η ελεγχόμενη καύση ξεκίνησε με την ανάπτυξη της βιομηχανίας και οι τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας (ΘΕ) με ανάκτηση ενέργειας αναπτύχθηκαν κατά τις δεκαετίες του '80 και κυρίως του '90 στην αρχή σε πιλοτικό επίπεδο, μετά πειραματικό και τα τελευταία χρόνια και σε βιομηχανικό επίπεδο, ως εναλλακτικές λύσεις της χρήσης συμβατικών καυσίμων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στόχος της εν λόγω διεργασίας είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση και η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία οξυγόνου (είτε σε στοιχειομετρική αναλογία, είτε σε περίσσεια), καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους. Οι προϋποθέσεις για την επίτευξη πλήρους καύσης των αποβλήτων είναι:

- Ø Επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O₂) στην εστία καύσης

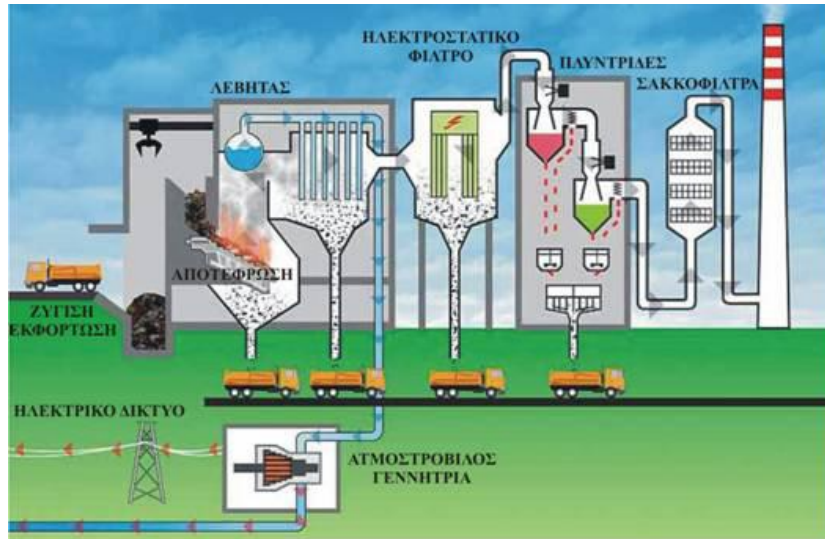
-
- Ø Επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης
 - Ø Σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης - οξυγόνου)
 - Ø Συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση
 - Ø Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης

Κατά την καύση εκτός των τυπικών προϊόντων καύσης (διοξείδιο του άνθρακα, ατμός, μονοξείδιο του άνθρακα) παράγεται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων και μια σειρά άλλων ουσιών όπως διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, υδροχλώριο, υδροφθόριο, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ. Επίσης, κατά την καύση των στερεών αποβλήτων παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 25-40% του βάρους των εισερχομένων αποβλήτων. Η ποσότητα των υπολειμμάτων εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Διακρίνονται σε τέφρα που παράγεται στο χώρο της καύσης (απομακρύνονται μετά την εσχάρα), τέφρα από τους λέβητες (υπολείμματα τα οποία δημιουργούνται στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων και συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα), ιπτάμενη τέφρα και σκόνη που κατακρατείται στα φίλτρα (συγκεντρώνεται στις χοάνες κάτω από τα ηλεκτρόφιλτρα ή σακκόφιλτρα) και υπολείμματα τα οποία παράγονται από τα συστήματα καθαρισμού των αερίων.

Τα διαδοχικά στάδια της καύσης είναι:

1. Ξήρανση του υλικού σε θερμοκρασία λίγο πάνω από τους 100° C
2. Εξαερίωση κατά την οποία απομακρύνεται το πτητικό κλάσμα σε θερμοκρασία αερίου 250° C
3. Έναυση όπου ο άνθρακας μετατρέπεται σε αέρια προϊόντα σε θερμοκρασία 500-600° C
4. Αποτέφρωση όπου σε θερμοκρασία 800-1100° C τα αέρια που προήλθαν από τις προηγούμενες φάσεις οξειδώνονται πλήρως.

Η διάκριση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας γίνεται κυρίως με το είδος της εστίας καύσης και τον τύπο του θαλάμου καύσης.



Σχήμα 3. 2 Τυπική μονάδα αποτέφρωσης ΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

3.4.3 Πυρόλυση

Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε τα τέλη του 19ου αιώνα, μόλις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της. Παρόλα αυτά, μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμή τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών.

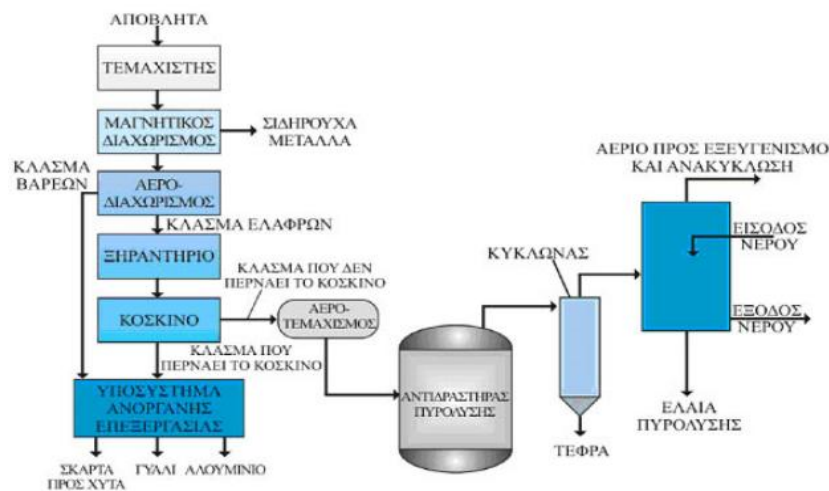
Πιο συγκεκριμένα, πυρόλυση είναι η θερμική διαδικασία αποσύνθεσης ενός υλικού η οποία λαμβάνει χώρα είτε σε συνθήκες παντελούς έλλειψης οξειδωτικού μέσου, είτε σε συνθήκες μερικής οξειδωσης. Οι διεργασίες της πυρόλυσης συμβαίνουν σε θερμοκρασίες 400-800° C και διασπώνται τα πολύπλοκα μόρια σε απλούστερα μόρια C. Κατά την πυρόλυση των στερεών αποβλήτων, τα προϊόντα που παράγονται είναι:

∅ **Αέρια:** Αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και διάφορα άλλα αέρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων

∅ **Υγρά:** Το υγρό κλάσμα, είναι ελαιώδες με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες και περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη) καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες. Με περαιτέρω επεξεργασία το κλάσμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνθετικό καύσιμο.

∅ **Πίσσα:** Το στερεό υπόλειμμα περιέχει σχεδόν καθαρό άνθρακα και τυχόν αδρανή υλικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα.

Η αναλογία των παραπάνω προϊόντων εξαρτάται από τη μέθοδο της πυρόλυσης, δηλαδή από τη θερμοκρασία στην οποία υποβάλλεται το υλικό, το χρόνο έκθεσης στη συγκεκριμένη θερμοκρασία και από τη φύση του ίδιου του υλικού.



Σχήμα 3. 3 Διεργασία πυρόλυσης

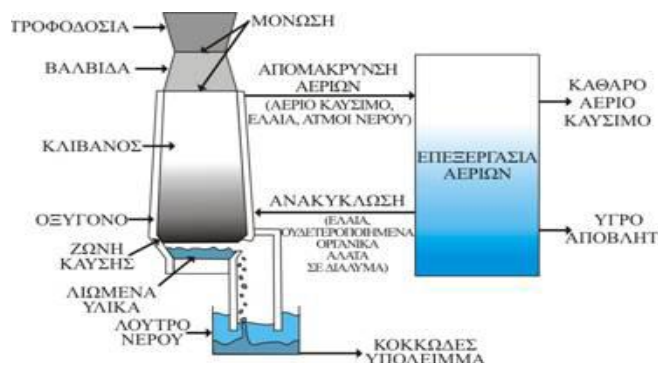
Σε γενικές γραμμές, η πυρόλυση ενδείκνυται για την επεξεργασία επεξεργασμένων ΑΣΑ (δευτερογενή καύσιμα) και λιγότερο για σύμμεικτα ΑΣΑ, καθώς η εφαρμογή της στην επεξεργασία ετερογενών μειγμάτων δεν έχει ακόμα

ωριμάσει στην Ε.Ε. αν και υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνητικών και πιλοτικών προγραμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.

3.4.4 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση αποτελεί επίσης μια σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500 °C). Στο Σχήμα 3.4 φαίνεται το διάγραμμα ροής σε μια τυπική μονάδα αεριοποίησης. Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- ∅ Αέριο (αέριο σύνθεσης - syngas) πλούσιο σε μονοξειδίο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Το αέριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης, σε λέβητες θέρμανσης κλπ. Για κάθε τόνο απορριμμάτων παράγονται πλέον των 500kWh ηλεκτρικής ενέργειας και διπλάσια ποσότητα θερμικής ενέργειας.
- ∅ Στερεό υπόλειμμα κυρίως αδρανές υλικό.
- ∅ Η διαδικασία καθαρισμού των παραγόμενων αερίων οδηγεί στη δημιουργία μικρών ποσοτήτων υγρών αποβλήτων που χρήζουν κατάλληλης επεξεργασίας.



Σχήμα 3. 4 Διάγραμμα ροής σε τυπική μονάδα αεριοποίησης

3.4.5 Αεριοποίηση/Γαλοποίηση με την τεχνική πλάσματος

Ο όρος πλάσμα (plasma) περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι μερικά ή ολικά ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας αποβλήτων με την τεχνική του πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος συνήθως με τη βοήθεια της θερμότητας που δημιουργείται από ηλεκτρική αντίσταση τόξου στήλης πλάσματος. Το τόξο αυτό βρίσκεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (άνοδος και κάθοδος) και αποτελείται από ένα ηλεκτρικά αγώγιμο αέριο, μετατρέποντας έτσι τον ηλεκτρισμό σε θερμότητα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του αερίου μπορεί να υπερβεί τους 6.000 °C. Το αέριο σε κατάσταση πλάσματος, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη χημική δραστηριότητα συγκριτικά με τα περισσότερα αέρια σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε μια ποικιλία χημικών διαδικασιών. Τα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας αυτής προκύπτουν κατά κύριο λόγο από την υψηλή κινητική ενέργεια που χαρακτηρίζει τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια του πλάσματος, αλλά και τα άτομα του ουδέτερου αερίου. Η μερική μεταφορά αυτής της ενέργειας στις χημικές ενώσεις κάνει δυνατές χημικές αντιδράσεις, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από τις εξώθερμες αντιδράσεις των συμβατικών διαδικασιών καύσης. [12]

Εφαρμόζοντας την τεχνική του πλάσματος, λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση / υαλοποίηση του περιεχομένου των εισερχομένων στερεών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, υπό την επίδραση των πολύ υψηλών θερμοκρασιών, το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζει το αέριο σύνθεσης (μίγμα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου) και απαέρια. Παράλληλα, το ανόργανο μέρος των αποβλήτων μετατρέπεται σε τηγμένο υπόλειμμα, το οποίο μετά από ψύξη σχηματίζει ένα σταθερό, αδρανές, υψηλής πυκνότητας υαλώδες υλικό. Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας του πλάσματος είναι:

Ø Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης, το οποίο προκύπτει από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών (οργανικό μέρος των αποβλήτων) του εισερχόμενου ρεύματος. Το παραπάνω μίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.

Ø Το υαλώδους μορφής, αδρανές υλικό το οποίο δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων. Το υπόλειμμα αυτό είναι ομογενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. κατασκευή δρόμων)

Ø Τα απαέρια, τα οποία ύστερα από κατάλληλα επεξεργασία διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα.

Ø Τα υγρά απόβλητα, τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων. Ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αυτών, είναι δυνατόν να απαιτείται εγκατάσταση επεξεργασίας τους έτσι ώστε να είναι ασφαλής η τελική τους διάθεση. **[12]**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Η ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

4.1. 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.

Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης, όπως είναι γνωστό, είναι μια φυσική βιολογική διεργασία που ουσιαστικά συμβαίνει, στη φύση χωρίς διακοπή, από την εδραίωση της ζωής, πάνω στη γη. Η φύση μέσα από μιας θαυμαστής τελειότητας οικονομία, με τη συνεχή δόμηση και αποδόμηση της οργανικής ύλης, κατορθώνει να ανακυκλώνει την ύλη, να διατηρεί και συνεχώς να ανανεώνει τη ζωή μέσα από το θάνατο.

Ο μηχανισμός της φυσικής βιολογικής αποδόμησης της οργανικής ύλης, (οικοσύστημα) που διαμορφώθηκε στα εκατομμύρια χρόνια μέχρι σήμερα, έχει ορισμένες πεπερασμένες ικανότητες. Η υπερφόρτωση του οικοσυστήματος αυτού, με νεκρή οργανική ύλη, πέραν των ικανοτήτων του, επιφέρει αυτόματα την κατάρρευσή του που εκδηλώνεται αμέσως με την περιβαλλοντική κρίση και της συνέπειες της. Κι είναι αυτό ακριβώς που σημειώθηκε με την αύξηση στην εποχή μας των στερεών υπολειμμάτων και τη συγκέντρωσή τους σε μια σχετικά μικρή επιφάνεια εδάφους, τις χωματερές.

Με την κομποστοποίηση έρχεται ουσιαστικά ο άνθρωπος σε μία από τις σπάνιες περιπτώσεις σύμπραξής του με τη φύση, να την υποβοηθήσει στη γρήγορη και αποτελεσματική αποσύνθεση των τεραστίων αυτών ποσοτήτων της οργανικής ύλης, προϊόν εξάλλου αφύσικων διεργασιών, που από μόνη της είναι αδύνατον να πραγματοποιήσει χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η μέθοδος της κομποστοποίησης οδηγεί σε μείωση ή και εξάλειψη του δυναμικού ρύπανσης του προς επεξεργασία υλικού (λάσπης από βιολογικούς σταθμούς,

οργανικά υλικά οικιακών απορριμμάτων), οδηγώντας στην παραγωγή προϊόντος κατάλληλου για διάφορες χρήσεις όπως ως πρόσθετο για ρύθμιση εδαφών (soil conditioner), για αποκατάσταση εδαφών (land reclamation), ως φυσικό εδαφοβελτιωτικό (agricultural fertilizer) κ.λ.π.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται με επιτυχία τόσο στις Η.Π.Α όσο και σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες.

Ο ορισμός αυτός προσδιορίζει μια ελεγχόμενη βιο-οξειδωτική διαδικασία η οποία:

- Αφορά οργανικά υλικά σε στερεά κατάσταση.
- Διέρχεται από μία αρχική φάση αποδόμησης κατά την οποία αναπτύσσονται θερμοκρασίες στη θερμοφιλή περιοχή και παράγονται πρόσκαιρα φυτοτοξικές ουσίες.
- Οδηγεί σε μία κατάσταση σταθεροποίησης του τελικού προϊόντος.

Ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιείται η βιομετατροπή της οργανικής ύλης και η διάρκεια της, εξαρτώνται από την φύση και την διαθεσιμότητα των συστατικών εκείνων τα οποία προσφέρονται ως υπόστρωμα ανάπτυξης και δράσης μιας πολύπλοκης αλληλουχίας εξειδικευμένων μικροβιακών πληθυσμών. Κατά συνέπεια, η ζώσα μικροβιακή μάζα πρέπει να θεωρηθεί ότι αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό κάθε σταδίου της πορείας κομποστοποίησης. **[17]**

Κατά την έναρξη της βιο-οξειδωτικής διαδικασίας, παρατηρείται ταχεία άνοδος της θερμοκρασίας. Η ένταση και διάρκεια της φάσης αυτής εξαρτάται από την σύνθεση της οργανικής ύλης και ιδιαίτερα από τα συστατικά εκείνα τα οποία αποτελούν πρόσφορο θρεπτικό υπόστρωμα, όπως είναι για παράδειγμα τα απλά σάκχαρα. Η αποδόμηση κατά τη φάση αυτή πραγματοποιείται από θερμοφιλά είδη βακτηρίων, η δράση των οποίων δεν επηρεάζεται από τις υψηλές θερμοκρασίες (>60°C) και τις αυξημένες τιμές του pH (8,0). Η θερμοκρασία στο εσωτερικό του υλικού αυξάνεται ταχύτατα και μέσα σε λίγες ώρες φθάνει μέχρι και τους 70 °C. **[15]**

Οι ενώσεις του αζώτου κατά την θερμόφιλη φάση αποδομούνται σχεδόν πλήρως και ταχύτατα. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην παραγωγή σημαντικών ποσών αμμωνίας που ανεβάζουν τις τιμές του pH σε αρκετά υψηλά επίπεδα.

Προοδευτικά, καθώς η διαθεσιμότητα των εύκολα αποδομήσιμων πηγών άνθρακα μειώνεται, εμφανίζονται θερμόφιλοι μύκητες-ακτινομύκητες, οι οποίοι αποδομούν ημικυτταρίνες και κυτταρίνες. Αντίθετα η λιγνίνη δεν αποδομείται σε θερμοκρασίες άνω των 65 °C. Η αποδόμηση της συντελείται αργότερα σε πιο χαμηλές θερμοκρασίες (<50 °C), όταν επικρατούν πλέον οι λιγνολυτικοί μύκητες.

Με την πτώση της θερμοκρασίας ακολουθεί ένας δεύτερος κύκλος μικροβιακής δραστηριότητας, όπου επικρατούν οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί, κυρίως μύκητες που βρίσκονται στα επιφανειακά στρώματα, οι οποίοι χρησιμοποιούν την κυτταρίνη που έχει απομείνει από το στάδιο της θερμόφιλης φάσης καθώς και την λιγνίνη. Τα συστατικά αυτά χρησιμοποιούνται με βραδύ ρυθμό και οι παραγόμενες ποσότητες θερμότητας δεν μπορούν να αναπληρώσουν τις απώλειες. Κατά συνέπεια η θερμοκρασία της διεργασίας εξακολουθεί να μειώνεται.

Με το πέρας της θερμόφιλης φάσης και κατά την εξέλιξη της μεσόφιλης το υλικό έχει χάσει την αρχική του μορφή, δομή και σύσταση. Έχει αποκτήσει τα χαρακτηριστικά της κομπόστας, όμως επειδή περιέχει ένα σύνολο φυτοτοξικών ουσιών είναι ακόμα ακατάλληλο για χρήση. Το υλικό αυτό χαρακτηρίζεται ως άωρη (ωμή) κομπόστα. Η ωρίμανση της είναι επίσης μια βιο-οξειδωτική βραδεία διαδικασία, η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να διαρκεί αρκετούς μήνες. Η φάση της ωρίμανσης δεν έχει την ένταση των προηγούμενων δύο φάσεων και πραγματοποιείται από μία μικτή μεσόφιλη μικροβιακή χλωρίδα. [17]

4.2 Ιστορική ανασκόπηση της κομποστοποίησης

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

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

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 Ινδίων εφαρμόζαν την κομποστοποίηση εντατικά στην γεωργία χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα για την παραγωγή του εδαφοβελτιωτικού απορρίμματα ζώων και ανθρώπων. Πολλά από αυτά τα οργανικά απορρίμματα τοποθετούνταν σε γραμμικούς σωρούς (Windrow) μέχρι να σταθεροποιηθούν και να δώσουν το τελικό προϊόν που δεν είναι άλλο από το κόμποστ. Έτσι γίνεται και η πρώτη αναφορά στα συστήματα κομποστοποίησης.

Έρευνα για την κομποστοποίηση στις Ηνωμένες Πολιτείες εμφανίζεται να έχει αρχίσει το 1843. Την χρονιά εκείνη ο George Bommer προτείνει μια μέθοδο διαχείρισης των αγροτικών απορριμμάτων (κοπριάς). Η μέθοδος η οποία ονομάζεται «Bommer Method of Making Manure», έχει ως χαρακτηριστικό της την τοποθέτηση των απορριμμάτων αυτών σε δικτυωμένες σχάρες έτσι ώστε το παραγόμενο στράγγισμα να πέφτει προς τα κάτω, να συλλέγεται και στη συνέχεια να ανακυκλώνεται, εξοικονομώντας σημαντικές ποσότητες νερού.

Η πρώτη όμως επίσημη αναφορά για την κομποστοποίηση στη Αμερικανική ήπειρο γίνεται το 1888 στο περιοδικό Bulletin N° 61, απ' το Σταθμό Γεωργικών Πειραμάτων της Β. Καρολίνας και το οποίο εκδόθηκε τον Δεκέμβριο της ίδιας χρονιάς. Η μελέτη είχε τίτλο «XI. Compost-Formulas, Analyses and Value».

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

Από το 1922 και μετά άρχισαν να εμφανίζονται και στη Ευρώπη διάφορες μέθοδοι κομποστοποίησης. Η πιο γνωστή από όλες ήταν η μέθοδος Baccari, σύμφωνα με την οποία η αποσύνθεση της οργανικής ύλης μπορούσε να γίνει σε ένα κλειστό σύστημα χρησιμοποιώντας αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες.

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

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

Από τα κυριότερα συστήματα κομποστοποίησης τα οποία καταγράφηκαν μέχρι το 1970 αναφέρονται στον Πίνακα 1 τα πιο σημαντικά. Από το 1970 μέχρι και σήμερα χρησιμοποιήθηκαν συστήματα με διαφορετικές ονομασίες, οι αρχές λειτουργίας των οποίων δεν διαφέρουν από τα παλαιότερα συστήματα.

Πίνακας 4.1: τα κυριότερα συστήματα κομποστοποίησης μέχρι το 1970

Συστήματα	Σύντομη Περιγραφή	Προέλευση
Bangalore (Indore)	Λάκκος 2-3ft βάθος ή σωρός. Χρόνος παραμονής 120-180 ημέρες. Επεξεργάζεται οργανικά λύματα	Ινδίες, Ν. Αφρική
Caspari	Συμπιεσμένα απορρίμματα σε κύβους στοιβαγμένα για 30-40ημέρες.	Γερμανία
DANO	Κυλινδρικού σχήματος αντιδραστήρες μήκους 150ft και διαμέτρου 9-12ft. χρόνος παραμονής 1-5 μέρες. Ωρίμανση σε γραμμικούς σωρούς.	Αμερική, Ευρώπη
Earp – Thomas	Αντιδραστήρες τύπου Σιλό με χρόνο παραμονής 2-3 μέρες.	Γερμανία, Ελβετία, Ιταλία, Ελλάδα
Fairfield – Hardy	Κυλινδρικού σχήματος αντιδραστήρες με μηχανική παροχή αέρα.	Αμερική
Συστήματα	Σύντομη Περιγραφή	Προέλευση
Metro Waste	Ανοιχτού τύπου αντιδραστήρας, οριζόντιου ορθογώνιου σχήματος διαστάσεων 20*10*400ft, με χρόνο παραμονής 5 μέρες.	Αμερική

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

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

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

Είναι λοιπόν γνωστό ότι η διαχείριση των απορριμμάτων και των ιλύων, καθώς και η υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών από τη συνεχή χρήση των φυτοφαρμάκων και των χημικών λιπασμάτων είναι ορισμένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες.

Η υποβάθμιση των αγροτικών εδαφών οφείλεται στη συνεχή ελάττωση της οργανικής ουσίας τους και αποδίδεται στο ότι η φυσική κάλυψη των εδαφών αντικαταστάθηκε από καλλιέργειες που τις περισσότερες φορές είναι μονοκαλλιέργειες με σύντομους κύκλους. Η σύγχρονη γεωργία με τα μέσα που διαθέτει, βελτιώνει προσωρινά τη δομή των εδαφών αυξάνοντας την

παραγωγικότητα. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα την γήρανση των εδαφών και κατ' επέκταση την υποβάθμισή τους.

Η ανακύκλωση τόσο όμως του οργανικού κλάσματος που βρίσκονται στα απορρίμματα όσο και της ιλύος (λάσπη) μπορεί να προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, δεδομένου ότι τα βιοαποδομήσιμα συστατικά τους αντί να επιβαρύνουν το περιβάλλον θα δώσουν, έπειτα από αερόβια επεξεργασία οργανοχουμικά υλικά που θα βελτιώσουν τη δομή των υποβαθμισμένων αγροτικών εδαφών. [17]

4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση

Οι παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν τη διαδικασία της βιοαποδόμησης που περιγράφεται πιο πάνω είναι τόσο βιολογικοί όσο και χημικοί. Οι σπουδαιότεροι απ' αυτούς είναι οι εξής:

- ◆ Η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων
- ◆ Η σχέση άνθρακα/αζώτου (C/N)
- ◆ Το pH
- ◆ Η θερμοκρασία
- ◆ Το ποσοστό υγρασίας
- ◆ Ο αερισμός

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη είναι η παρουσία τοξικών ουσιών (τοξικά μέταλλα) οι οποίες επηρεάζουν αρνητικά τόσο τις διεργασίες κομποστοποίησης όσο και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

4.3.1 Η διαθεσιμότητα Θρεπτικών Στοιχείων – Σχέση C/N

Η γνώση της περιεκτικότητας των προς κομποστοποίηση υλικών σε άνθρακα (C) και άζωτο (N) καθώς και σε άλλα θρεπτικά στοιχεία όπως φώσφορο (P) και ιχνοστοιχεία είναι πρωταρχικής σημασίας. Έλλειψη ή περίσσεια τους επιβραδύνει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και καθιστούν την βιοαποδόμηση δύσκολη και χρονοβόρα. Χρειάζεται να επισημάνουμε επίσης ότι για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα

στοιχείο πρέπει να είναι σε μορφή που να μπορεί να αφομοιωθεί από τον μικροοργανισμό. Με αυτό το θέμα θα ασχοληθούμε πιο αναλυτικά στο κεφάλαιο των μικροοργανισμών.

Για την αποτελεσματική εφαρμογή της διεργασίας της κομποστοποίησης ο λόγος C/N πρέπει να είναι περίπου 30:1 (έχουν αναφερθεί ιδανικές αναλογίες κοντά στο 15:1). Μεγάλες διαφοροποιήσεις ως προς το λόγο αυτό επιδρούν αρνητικά στην εξέλιξη της μεθόδου. Για παράδειγμα αν η αναλογία C/N είναι μεγαλύτερη από 35:1 τότε προκαλείται μια αργή αποσύνθεση που ευνοεί μεγαλύτερες απώλειες αζώτου. Σ' αυτή την περίπτωση οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε διαδοχικούς βιολογικούς κύκλους (λόγω έλλειψης αζώτου κάποιοι μικροοργανισμοί πεθαίνουν και το αποθηκευμένο άζωτο σ' αυτούς, χρησιμοποιείται από άλλους μικροοργανισμούς για διάφορες λειτουργίες τους), οξειδώνοντας αργά το πλεόνασμα του άνθρακα μέχρι να φέρουν το λόγο σε ευνοϊκές συνθήκες για το μεταβολισμό τους. Αν αντίθετα το αρχικό οργανικό υλικό παρουσιάζει τιμές C/N πάρα πολύ χαμηλές ευνοούνται απώλειες αζώτου λόγω πτητικότητας της αμμωνίας, φαινόμενο το οποίο γίνεται ακόμα εντονότερο όταν συντρέχουν ευνοϊκά και άλλες παράμετροι όπως υψηλές θερμοκρασίες και pH. [17], [19]

4.3.2 Το pH

Οι τιμές του pH επηρεάζουν σημαντικά τις διεργασίες της κομποστοποίησης, αφού από τις τιμές αυτές εξαρτάται το είδος των μικροοργανισμών που θα αναπτυχθούν. Για παράδειγμα τα βακτήρια δραστηριοποιούνται σε ουδέτερο ή αλκαλικό περιβάλλον υπό αερόβιες συνθήκες (π.χ γένη *Bacillus*) και υπό αναερόβιες (π.χ γένη *Clostridium*). Αντίθετα σε pH<5,5 η διάσπαση των κυτταρινών, ημικυτταρινών κλπ γίνεται κυρίως από μύκητες και ακτινομύκητες (π.χ γένη *Aspergillus*). Τα συνήθη υλικά που οδηγούνται στην κομποστοποίηση παρουσιάζουν γενικά χαμηλό pH ενώ για την βελτιστοποίηση της διεργασίας το pH πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6,0 και 7,5.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το αρχικό pH των υλικών που πρόκειται να κομποστοποιηθούν είναι χαμηλό, μεταξύ 5,0 και 7,0. Αν αρχικά το pH είναι μεταξύ

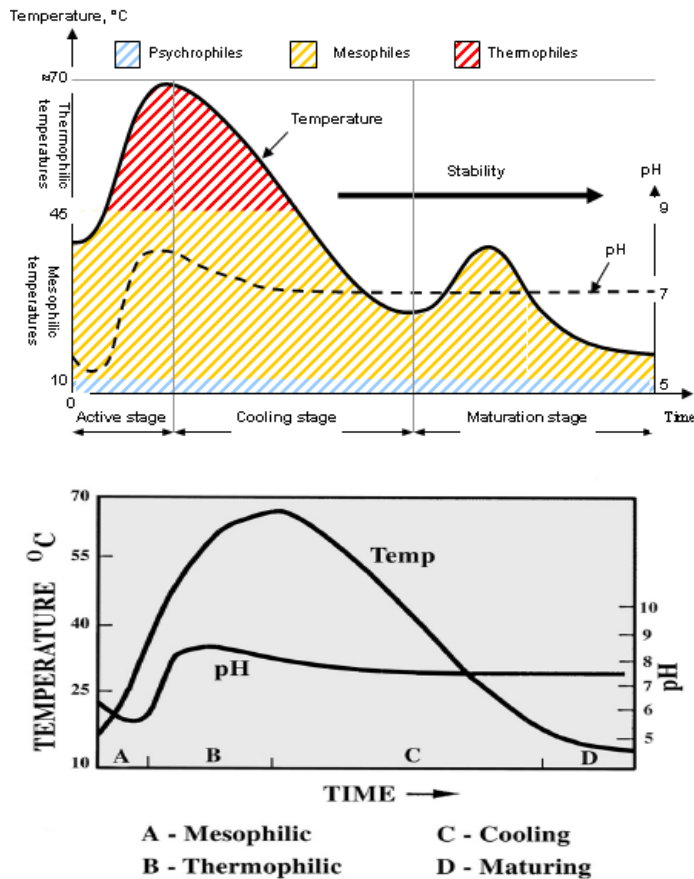
6,0 και 7,0 τότε τις πρώτες δύο ή τρεις μέρες της διαδικασίας της κομποστοποίησης το pH θα μειωθεί λίγο. Αν το pH ξεκινήσει από τιμές μεταξύ 5,0 και 5,5 τότε μικρές αλλαγές θα συμβούν σ' αυτό το διάστημα. Για την πτώση του pH ευθύνονται τα βακτήρια που δρουν σ' αυτή τη φάση, τα οποία διασπούν σύνθετα ανθρακούχα υλικά (πολυσακχαρίτες και κυτταρίνη) σε ενδιάμεσα οργανικά οξέα. Δημιουργία οξέων μπορεί να προκύψει και από τοπικά αναερόβιες ζώνες του συστήματος κομποστοποίησης. Η σύνθεση οργανικών οξέων συνεπάγεται την ανάπτυξη μικροβιακών πληθυσμών, όπου τα οξέα λειτουργούν σαν υπόστρωμα. Κατά συνέπεια το pH αρχίζει να ανεβαίνει και φτάνει μεταξύ 8,0 και 9,0.

Για τη ρύθμιση του pH, στο αρχικό στάδιο που μειώνεται, δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη αλκαλικών ουσιών (όπως ασβέστιο). Επιπλέον με την προσθήκη αλκαλικών ουσιών επιτείνεται η απώλεια αζώτου. Η προσαρμογή του pH χρειάζεται σε περιπτώσεις που το οργανικό κλάσμα είναι πλούσιο σε σάκχαρα και άμεσα αποδομήσιμους υδρογονάνθρακες (π.χ φρούτα). Η δημιουργία οξέων είναι εντονότερη σε αυτή την κατηγορία οργανικών υλικών. [17], [20]

4.3.3 Η θερμοκρασία

Η θερμοκρασία θεωρείται ίσως η σημαντικότερη παράμετρος για τη διεργασία της κομποστοποίησης. Η μικροβιακή δραστηριότητα προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας η οποία πολλές φορές ξεπερνά τους 70°C, οπότε γίνεται ανεπιθύμητη και λαμβάνονται μέτρα για την ελάττωση της (ύγρανση των υλικών, βελτίωση του αερισμού, ανάδευση του κ.λ.π). Μία θερμοκρασία γύρω στους 55-65 °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 35-45 °C ενώ αν πέσει κάτω απ' τους 20 °C η αποδόμηση επιβραδύνεται. [17], [19]

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας και του pH στις διάφορες φάσεις της κομποστοποίησης.



Σχήμα 4.1: Μεταβολή T και pH σε σχέση με τις φάσεις της κομποστοποίησης. [16]

4.3.4 Το ποσοστό υγρασίας

Η παρουσία του νερού παίζει σημαντικό ρόλο στην κομποστοποίηση. Όταν η υγρασία είναι σχετικά υψηλή ο αερισμός δεν είναι αποτελεσματικός με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται ή και να αναστέλλονται οι αερόβιες διαδικασίες δίνοντας τη θέση τους σε αναερόβιες οι οποίες είναι ανεπιθύμητες. Μια επακόλουθη επίπτωση της μεγάλης υγρασίας είναι η δημιουργία οσμών λόγω της επικράτησης αναερόβιων συνθηκών σε μεγάλο τμήμα της μάζας των απορριμμάτων. Παρόλο που οι περισσότερες ενοχλητικές οσμές παράγονται από την αναερόβια δράση, και η ζύμωση παράγει διάφορες «γλυκές» οσμές π.χ αλκοόλες. Χαμηλό ποσοστό υγρασίας οδηγεί επίσης σε επιβράδυνση ή αναστολή των βιολογικών διεργασιών,

φαινόμενο που είναι εντονότερο στις περιπτώσεις που συνοδεύεται από πτώση της θερμοκρασίας. Για τους λόγους αυτούς, τα προς κομποστοποίηση υλικά θα πρέπει να περιέχουν το κατάλληλο ποσοστό υγρασίας. Έχει βρεθεί ότι το βέλτιστο ποσοστό υγρασίας, για τη διεργασία της κομποστοποίησης, κυμαίνεται μεταξύ 45-55%. [17], [18]

4.3.5 Αερισμός

Λόγω του ότι η επιθυμητή διεργασία βιοαποδόμησης του υλικού είναι αερόβια καθίσταται αυτονόητο ότι πρέπει να εξασφαλίζεται στους οργανισμούς που λαμβάνουν μέρος στη διεργασία το απαραίτητο οξυγόνο. Επίσης με τον αερισμό μειώνεται η αρχικά υψηλή υγρασία που περιέχουν τα οργανικά υλικά. Επιπλέον όταν η θερμοκρασία κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης είναι υψηλή απαιτείται κατάλληλος αερισμός για να περιορίζονται οι οσμές από την αποσύνθεση των υλικών. Έτσι αν χρησιμοποιούνται ανοιχτά συστήματα για τη διεργασία της κομποστοποίησης ο σωρός δεν πρέπει να ξεπερνά σε πλάτος τα 1,5-2 μέτρα και ύψος τα 1,3-1,5 μέτρα, ενώ το μήκος καθορίζεται από την ποσότητα του προς κομποστοποίηση υλικού. Αντίθετα εάν χρησιμοποιούνται κλειστά συστήματα για τη διεργασία της κομποστοποίησης τότε η υγρασία, η θερμοκρασία και ο αερισμός είναι ελεγχόμενες παράμετροι. [17], [19]

4.3.6 Άλλες παράμετροι που επηρεάζουν την κομποστοποίηση

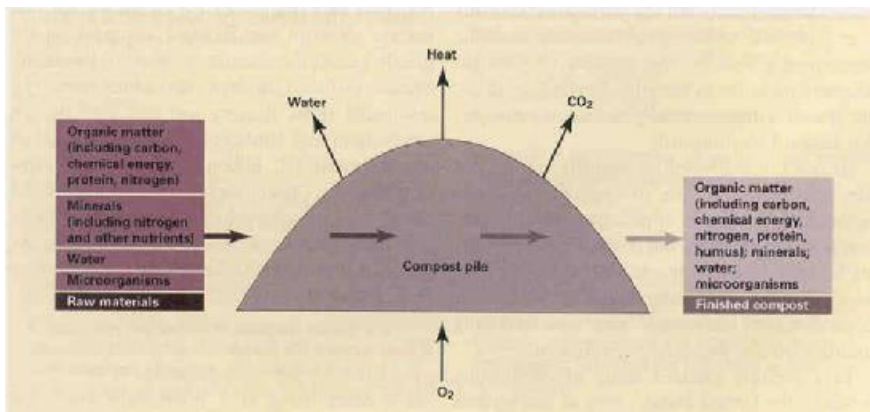
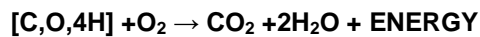
■ Το μέγεθος των οργανικών υλικών: όταν τα οργανικά υλικά που πρόκειται να κομποστοποιηθούν είναι τεμαχισμένα σε μικρότερα κομμάτια τότε προσφέρεται μεγαλύτερη επιφάνεια στους μικροοργανισμούς να δράσουν και επίσης το οξυγόνο διαχέεται ευκολότερα σε όλη τη μάζα της οργανικής ύλης. Έτσι ευνοείται η αποσύνθεση και αποφεύγεται η ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών. Φυσικά το μέγεθος των υλικών δεν μπορεί να είναι πολύ μικρό, γιατί τότε είναι εξαιρετικά δύσκολο να έχει το σύστημα το απαραίτητο πορώδες. Το μέγεθος για κάθε υλικό εξαρτάται από την ικανότητά του να αποσυντίθεται. Για το μεγαλύτερο μέρος των λαχανικών και φρούτων το κατάλληλο μέγεθος ξεκινά από 2in (50mm) και ανάλογα με την ικανότητα αποσύνθεσης φτάνει μέχρι 6in (0,15m) ή και μεγαλύτερο. [20],

■ *Καιρικές συνθήκες:* Η θερμοκρασία, ο άνεμος και η βροχή μπορούν να επηρεάσουν τη διεργασία της κομποστοποίησης.

4.4 Αερόβια – Αναερόβια κομποστοποίηση

4.4.1 Αερόβια διαδικασία

Κατά την αερόβια διαδικασία της κομποστοποίησης συγκεκριμένες ομάδες μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες κ.α) χρησιμοποιούν οργανικές ουσίες σαν τροφή, παρουσία οξυγόνου και τις μετατρέπουν αρχικά σε απλούστερες χημικές ενώσεις και στη συνέχεια σε σταθεροποιημένες χημικές ενώσεις. Τα κύρια τελικά προϊόντα της διαδικασίας είναι CO₂, H₂O.



Σχήμα 4.2: Σχηματικά, η διεργασία της κομποστοποίησης. [14]

Ø Παραγωγή ενέργειας κατά την αερόβια διαδικασία (improving

Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης, η χημική ενέργεια του οργανικού κλάσματος απελευθερώνεται μερικώς σαν θερμότητα και μερικώς χρησιμοποιείται απ' τους μικροοργανισμούς για την αποδόμηση της οργανικής ύλης.

Η απελευθέρωση ενέργειας μπορεί να εκφραστεί σε σχέση με την κατανάλωση υποστρώματος ή οξυγόνου, όπου το τελευταίο ποικίλει λιγότερο με το διαφορετικό υπόστρωμα. Η ενέργεια που παράγεται μπορεί να μείνει στη μάζα του κόμποστ ή να φύγει.

Η ενέργεια για τη θέρμανση της μάζας του κόμποστ υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_s = \Delta T(c_{pw} * m_w + c_{ps} * m_s)$$

Όπου ΔT είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, m_w και m_s είναι οι μάζες του νερού και των στερεών αντίστοιχα, c_{pw} και c_{ps} οι ειδικές θερμότητες.

Αν όλη η ενέργεια που παράγονταν παρέμενε στο κόμποστ θα αυξάνονταν τόσο η θερμοκρασία ώστε να μην μπορούν να επιβιώσουν οι μικροοργανισμοί. Η ενέργεια μπορεί να απομακρυνθεί με αγωγή, ακτινοβολία μέσω της επιφάνειας ή με τη διέλευση αέρα μέσα απ' τη μάζα του κόμποστ.

Η απώλεια ενέργειας μέσω αγωγής υπολογίζεται ως εξής:

$$Q_l = U * A * (T - T_o) * \Delta t$$

Όπου U ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, A η επιφάνεια, T η θερμοκρασία του συστήματος και T_o η θερμοκρασία περιβάλλοντος και t ο χρόνος.

Η απομάκρυνση της ενέργειας με θέρμανση ξηρού αέρα δίνεται από τον τύπο:

$$Q_a = c_{pa} * m_a * (T_{out} - T_{in})$$

Όπου c_{pa} η ειδική θερμότητα του ξηρού αέρα, T_{out} , T_{in} οι θερμοκρασίες εξόδου και εισόδου του αέρα αντίστοιχα. Αλλαγές στη μάζα και την ειδική θερμότητα θεωρούνται αμελητέες.

Η εξάτμιση του νερού απελευθερώνει θερμότητα από το κόμποστ σύμφωνα με τον τύπο:

$$Q_w = c_{pe} * m_{e,in} * (T_{out} - T_{in}) + \Delta H_{vap} * (m_{e,out} - m_{e,in})$$

Όπου c_{pe} είναι η ειδική θερμότητα του ατμού, $m_{e,out}$ και $m_{e,in}$ αντιπροσωπεύουν τη μάζα του ατμού στην εξερχόμενο και εισερχόμενο αέρα και ΔH_{vap} είναι η ενθαλπία εξάτμισης στην T_{out} .

4.4.2 Αναερόβια ζύμωση




Στην αναερόβια κομποστοποίηση το οργανικό κλάσμα μπορεί να υποστεί αναερόβια ζύμωση που οδηγεί τελικά σε παραγωγή βιοαερίου (μίγμα CO_2 , CH_4 κ.α) καθώς και δύσοσμων αερίων (κυρίως H_2S). Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας ζύμωσης πραγματοποιείται αποδόμηση των οργανικών ουσιών απουσία οξυγόνου. Στην αναερόβια αποδόμηση διακρίνονται δύο στάδια: η οξυγενής και η μεθανογενής ζύμωση, που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Τα βασικά προϊόντα του πρώτου σταδίου είναι οργανικά οξέα, διοξείδιο του άνθρακα, νερό και βακτηριακά κύτταρα. Στο δεύτερο στάδιο παράγονται μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και βακτηριακά κύτταρα. Στη διάρκεια του σταδίου της μεθανογένεσης, η μετατροπή της οργανικής ύλης είναι ανάλογη με την παραγωγή μεθανίου. Τα βακτήρια που παίζουν ρόλο στη μεθανογένεση, το καθένα απ' αυτά έχει περιορισμένη επίδραση σε ορισμένες μόνο οργανικές ουσίες. Παράλληλα υπάρχουν αρκετές πολύπλοκες οργανικές ουσίες για τις οποίες απαιτείται η συνεργασία πολλών διαφορετικών βακτηρίων για να παραχθεί το μεθάνιο. Μια κρίσιμη παράμετρος είναι επίσης το γεγονός ότι το ποσοστό αναπαραγωγής των μεθανογενών βακτηρίων είναι μικρότερο απ' αυτό των οξυγενών. Κατά συνέπεια, αν για κάποιο λόγο διακοπεί η μεθανογένεση είναι αρκετά δύσκολο να ξαναρχίσει.

Η αναερόβια χώνευση είναι βραδύτερη απ' την αερόβια διαδικασία. [17], [14]

4.5 Οι φάσεις της διαδικασίας της κομποστοποίησης

Η διαδικασία της κομποστοποίησης διακρίνεται σε τρεις φάσεις:

-  Βραδύ Στάδιο (Lag Phase)
-  Ενεργός Φάση (Active Phase)
-  Φάση Ωρίμανσης (Maturation or Curing Phase)

Κατά τη διάρκεια των διαφορετικών φάσεων, η θερμοκρασία και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων ποικίλει και επηρεάζει το είδος και τον αριθμό των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται.

Βραδύ Στάδιο

Αρχικά, το σύστημα κομποστοποίησης είναι στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Σ' αυτή τη περίοδο έχουμε την προσαρμογή των μικροβίων, τα οποία βρίσκονται στα απορρίμματα. Τα μικρόβια αρχίζουν να αναπτύσσονται ραγδαία χρησιμοποιώντας σάκχαρα, άμυλο, απλή κυτταρίνη και αμινοξέα που συναντούν στο οργανικό κλάσμα. Με την αποσύνθεση αυτών αρχίζουν να απελευθερώνονται θρεπτικά στοιχεία. Λόγω της επιταχυνόμενης δραστηριότητας η θερμοκρασία αρχίζει να ανεβαίνει.

Ενεργός Φάση

Σ' αυτή τη φάση παρατηρείται περαιτέρω ανάπτυξη του αριθμού των μικροβίων, και κυρίως ευνοείται η ανάπτυξη των βακτηρίων και επικράτηση της δραστηριότητας τους. Αυτό έχει σαν συνέπεια την συνεχή άνοδο της θερμοκρασίας του συστήματος. Η άνοδος εξακολουθεί όσο η συγκέντρωση των άμεσα αποδομήσιμων συστατικών παραμένει ικανοποιητική για την επέκταση των μικροβίων και την έντονη δραστηριότητά τους. Η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 70 °C.

Τότε το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού κλάσματος μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα και χουμικές ουσίες. Επίσης σε αυτές τις θερμοκρασίες εξασφαλίζεται και η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών.

Η δραστηριότητα παραμένει σε υψηλά επίπεδα μέχρι τα αποθέματα των άμεσα αποδομήσιμων ουσιών να αρχίσουν να εξαντλούνται. Στην καμπύλη της θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο αυτό απεικονίζεται με ένα «πλατό» (plateau).

Η διάρκεια αυτής της φάσης ποικίλει ανάλογα με το διαθέσιμο υπόστρωμα καθώς και με τις συνθήκες περιβάλλοντος και λειτουργίας. Μπορεί να είναι σύντομη, 5-6 μέρες, ή και να διαρκέσει μέχρι 2-5 βδομάδες.

Φάση Ωρίμανσης

Τελικά τα αποθέματα των εύκολα αποδομήσιμων ουσιών εξαντλούνται και αρχίζει η φάση της ωρίμανσης. Επειδή το σύστημα κομποστοποίησης αποτελείται τώρα κυρίως από κυτταρίνη, λιγνίνη και χουμικές ουσίες ο πληθυσμός των βακτηριών μειώνεται και κυριαρχούν οι μύκητες και ακτινομύκητες. Λιγότερη ενέργεια παράγεται και η θερμοκρασία πέφτει σταδιακά, μέχρι τη μεσόφιλη περιοχή.

Η διαδικασία της ωρίμανσης ποικίλει σε διάρκεια. Περισσότερος χρόνος ωρίμανσης εξασφαλίζει ότι το κόμποστ είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και φυτοτοξίνες.

Σε περίπτωση που το κόμποστ δεν είναι ώριμο (όχι πλήρως σταθεροποιημένο), ευνοεί την μικροβιακή ανάπτυξη και άρα την κατανάλωση οξυγόνου. Αν χρησιμοποιηθεί στο έδαφος τότε θα μειώσει το διαθέσιμο οξυγόνο για τις ρίζες των φυτών. Επιπλέον μπορεί να περιέχει υψηλά επίπεδα διαλυτών οργανικών ουσιών (π.χ οργανικά οξέα), τα οποία θα προκαλέσουν προβλήματα τοξικότητας. [14], [19], [20].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ – ΚΙΝΗΤΙΚΕΣ

5.1 Η μικροβιολογία του κομποστ

Μέσα στο σωρό του κόμποστ, δισεκατομμύρια οργανισμών τρέφονται, αναπτύσσονται, αναπαράγονται και πεθαίνουν, μετατρέποντας τα οργανικά απόβλητα του νοικοκυριού και του κήπου σε εξάαιρετο οργανικό λίπασμα.

Το πολύπλοκο τροφικό δίκτυο που εργάζεται στο κόμποστ έχει ως τροφική βάση τη νεκρή οργανική ύλη και ονομάζεται *σαπροφυτική αλυσίδα*. Υπάρχουν πολλοί μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης (σχ.5.1). Οι περισσότεροι δεν είναι ορατοί από το ανθρώπινο μάτι. Ωστόσο αν και απαιτούνται πολλά διαφορετικά είδη μικροοργανισμών για την αποσύνθεση των διαφόρων συστατικών, η απαραίτητη ποικιλία συνήθως υπάρχει ήδη στα υλικά που πρόκειται να κομποστοποιηθούν και απλώς αναπτύσσονται όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος γίνουν κατάλληλες.

Όπως φαίνεται στην πυραμίδα του σχ.5.1 η οργανική ύλη καταναλώνεται από κάποια είδη ασπόνδυλων όπως σαρανταποδαρούσες (millipedes), οστρακόδερμα τάξης oniscoidea (sow bugs), σαλιγκάρια (snails) και γαστερόποδα γένους limacidae (slugs). Αυτά τα ασπόνδυλα τεμαχίζουν τα οργανικά υλικά δημιουργώντας περισσότερη διαθέσιμη επιφάνεια για να δράσουν στη συνέχεια οι μύκητες (fungi), τα βακτήρια (bacteria) και οι ακτινομύκητες (actinomycetes). Αυτά αποτελούν με τη σειρά τους τροφή για οργανισμούς όπως αραχνίδια τύπου acarina (springtails).

Πολλά είδη σκουληκιών τρώνε αποσυνθεμένα λαχανικά και μικρόβια και εκκρίνουν οργανικές ουσίες που εμπλουτίζουν το κόμποστ. Το δίκτυο των τουνελ που δημιουργούν στην οργανική ύλη βοηθά στον καλύτερο αερισμό του κόμποστ, ενώ καταναλώνοντας υλικό για να τραφούν αυξάνουν την επιφάνεια της οργανικής ύλης και διευκολύνουν τα μικρόβια να δράσουν.

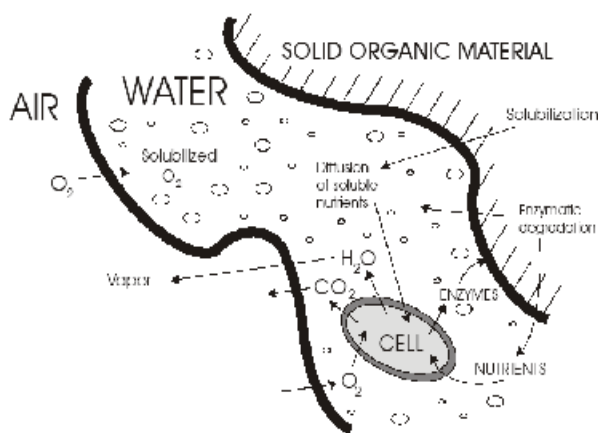
Όταν κάποιος απ' τους παραπάνω οργανισμούς πεθάνει, περισσότερη τροφή είναι διαθέσιμη για τους άλλους μικροοργανισμούς.



Σχήμα 5.1 Η πυραμίδα των μικροοργανισμών

5.2 Κινητική μικροβιακής ανάπτυξης

Εάν σε θρεπτικό υπόστρωμα, που αποτελείται από κατάλληλο μίγμα ουσιών και βρίσκεται σε κατάλληλες περιοχές θερμοκρασίας και pH, προστεθούν μικροβιακά κύτταρα, τότε παρατηρείται αύξηση του αριθμού των κυττάρων σε συνάρτηση με το χρόνο.



Σχήμα 5.2 Το μικροβιακό κύτταρο σε περιβάλλον με κόμποστ

Τα στάδια από τα οποία περνά η κυτταρική ανάπτυξη είναι τα ακόλουθα :

Λανθάνουσα φάση

Στη φάση αυτή, που είναι η αρχική υπάρχει καθυστέρηση στην ανάπτυξη . Αυτό οφείλεται στην προσαρμογή των κυττάρων στο νέο περιβάλλον με σκοπό να χρησιμοποιήσουν τις περιεχόμενες θρεπτικές ουσίες για τον καταβολισμό και τη βιοσύνθεση των απαραίτητων συστατικών. Προς το τέλος της φάσης παρατηρείται μια μεταβατική φάση κατά τη διάρκεια της οποίας ορισμένος αριθμός κυττάρων αρχίζει να αναπτύσσει τους ενζυμικούς μεταβολικούς μηχανισμούς καταναλίσκοντας υπόστρωμα και παρουσιάζοντας μικρή ανάπτυξη.

 Εκθετική φάση

Η φάση αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί και λογαριθμική. Τότε όλα τα κύτταρα αναπτύσσονται με σταθερούς ρυθμούς με αποτέλεσμα την εκθετική αύξηση του πληθυσμού. Στη φάση αυτή ισχύει η σχέση:

$$\frac{dN}{dt} = N \cdot m$$

N: αριθμός κυττάρων

μ: ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (h^{-1})

Αλλιώς μπορεί να γραφεί αυτή η σχέση :

$$\ln \frac{N}{N_0} = m \cdot t$$

N_0 : αρχικός αριθμός κυττάρων

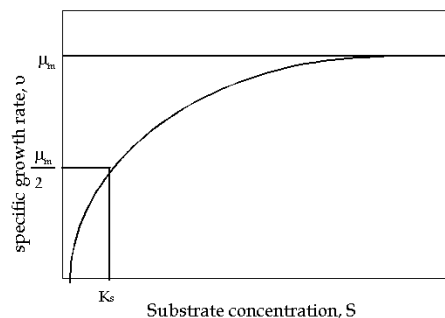
Η παράμετρος μ εξαρτάται από το είδος του μικροβιακού κυττάρου, το pH, τη θερμοκρασία καθώς και τη συγκέντρωση του υποστρώματος (S). Για την ποσοτική έκφραση της σχέσης :

$$m = m(S)$$

Ο Monod πρότεινε τη σχέση:

$$m = m_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S}$$

η οποία παριστάνεται γραφικά στο Σχήμα 2.5 :



Σχήμα 5.3 Γραφική παράσταση της σχέσης Monod

Η σταθερά K_s έχει διαστάσεις υποστρώματος και για $S = K_s$ το $\mu = \mu_{\max}/2$. Καθώς το υπόστρωμα καταναλώνεται η τιμή του S μειώνεται, η τιμή της σχέσης $S / (K_s + S)$ γίνεται μικρότερη από τη μονάδα και παύει να ισχύει η εκθετική σχέση. Παρατηρείται δηλαδή μια φάση κάμψης του ρυθμού ανάπτυξης η οποία εξηγείται αφ' ενός απ' την εξάντληση του υποστρώματος και αφ' ετέρου από τη συσσώρευση τοξικών ουσιών (παραπροϊόντα του μεταβολισμού) που επιβραδύνουν την κυτταρική ανάπτυξη.

Φάση στασιμότητας

Χαρακτηριστικό της φάσης αυτής είναι η σταθεροποίηση το αριθμού των κυττάρων στη διάρκεια του χρόνου. Ο ρυθμός παραγωγής κυττάρων ισούται με το ρυθμό θανάτου των κυττάρων.

Φάση θανάτου

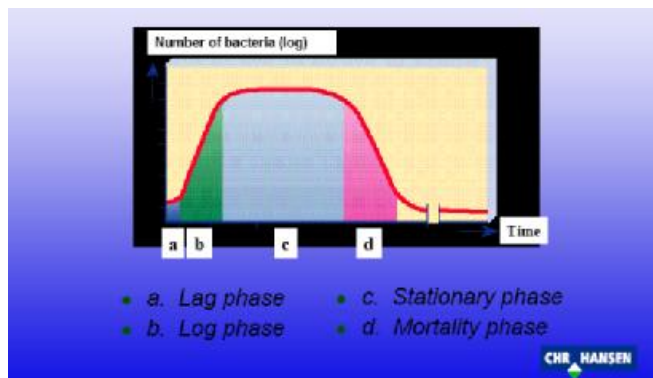
Στη φάση αυτή κυριαρχεί το φαινόμενο του θανάτου των κυττάρων και περιγράφεται από τη σχέση: [Μακρής, Κέκου, 2001]

$$N = N_s \cdot e^{-Kt}$$

N : αριθμός ζώντων κυττάρων

N_s : αριθμός κυττάρων στη φάση στασιμότητας

K : ειδικός ρυθμός θανάτου (h^{-1})



Σχήμα 5.4 Γραφική απεικόνιση της μικροβιακής ανάπτυξης

5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών

Ø Θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών

Τα πιο σημαντικά θρεπτικά συστατικά είναι ο άνθρακας (C), το άζωτο (N), ο φώσφορος (P) και το κάλιο (K) και είναι αυτά που απαιτούνται σε μεγάλες αναλογίες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Ο άνθρακας οξειδώνεται για να παράγει ενέργεια για τη συντήρηση των λειτουργιών του και μεταβολίζεται για να συνθέσει κυτταρική μάζα.

Το άζωτο είναι βασικό συστατικό του πρωτοπλάσματος, των πρωτεϊνών και των αμινοξέων. Ένας οργανισμός δεν μπορεί να αναπτυχθεί ούτε να πολλαπλασιαστεί όταν δεν υπάρχει άζωτο, στην κατάλληλη μορφή. Αν και η δράση των μικροβίων συνεχίζεται και στην απουσία αζώτου, η δραστηριότητα αυτή μειώνεται έντονα καθώς τα κύτταρα μεγαλώνουν και πεθαίνουν.

Ο φώσφορος εμπλέκεται στην αποθήκευση ενέργειας και άρα ως ένα βαθμό στη σύνθεση πρωτοπλάσματος.

Άλλα συστατικά που απαιτούνται σε μικρότερες αναλογίες, τα λεγόμενα ιχνοστοιχεία, είναι το κοβάλτιο (Co), μαγγάνιο (Mn), μαγνήσιο (Mg) και χαλκός (Cu). Το ασβέστιο (Ca) συγκαταλέγεται μεταξύ των βασικών θρεπτικών συστατικών και των ιχνοστοιχείων. Η βασική του λειτουργία είναι να διατηρεί το pH σταθερό.

Ø Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών

Η απλή παρουσία κάποιων θρεπτικών συστατικών δεν είναι επαρκής. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα στοιχείο πρέπει να είναι σε μορφή που να μπορεί να αφομοιωθεί από τον μικροοργανισμό. Αυτό ισχύει ακόμα και για τα σάκχαρα και το άμυλο που είναι εύκολα αποικοδομήσιμα.

Η διαθεσιμότητα μιας ουσίας προς ένα μικροοργανισμό σχετίζεται με την σύνθεση από τον μικροοργανισμό των κατάλληλων ενζύμων. Κάποια μικρόβια διαθέτουν τα ένζυμα, τα οποία τους δίνουν τη δυνατότητα να επιτεθούν, να αποσυνθέσουν και να

εκμεταλλευτούν την οργανική ύλη των ακατέργαστων αποβλήτων. Τα μικρόβια που δεν διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα μπορούν να χρησιμοποιήσουν σαν θρεπτική πηγή μόνο τα προϊόντα της αποσύνθεσης (ενδιάμεσα προϊόντα) που προέρχονται από την προηγούμενη κατηγορία μικροβίων.

Ο περιορισμός, σχετικά με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, είναι ιδιαίτερης σημασίας. Η σημασία του έγκειται στο γεγονός ότι κάνει τη διαδικασία της κομποστοποίησης των αποβλήτων να είναι το αποτέλεσμα της δραστηριότητας διαδοχικών ομάδων μικροοργανισμών. Σε αυτή την αλληλουχία, ομάδες μικροοργανισμών προετοιμάζουν το έδαφος για τις επόμενες ομάδες. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι οι μικροοργανισμοί διαδέχονται ο ένας τον άλλον με αυστηρή σειρά, αντίθετα κάποιοι ή ακόμα και οι περισσότεροι μπορεί να παραμείνουν. Ωστόσο, κάποιοι απ' αυτούς ενδέχεται στην πορεία της διαδικασίας να αποκτήσουν λιγότερη σημασία.

Κάποιες ουσίες δεν είναι εύκολα αποικοδομήσιμες, ακόμα και όταν οι μικροοργανισμοί διαθέτουν τα κατάλληλα ένζυμα. Τέτοια υλικά αποσυντίθενται αργά και όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η λιγνίνη και η κυτταρίνη.

Το άζωτο είναι άμεσα διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς όταν βρίσκεται σε πρωτεϊνική μορφή ή σε μορφή πεπτιδίου ή αμινοξέος. Απ' την άλλη, εξαιτίας της αντίστασης που παρουσιάζουν τα μόρια λιγνίνης στους μικροοργανισμούς, οι μικρές ποσότητες αζώτου που υπάρχουν σε αυτά απελευθερώνονται πολύ αργά και άρα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρακτικά. [20], [21], [22]

Ø Ένζυμα

Τα ένζυμα, που περιέχονται στους ζωντανούς οργανισμούς, είναι πρωτεΐνες που έχουν την ικανότητα να καταλύουν εξειδικευμένες χημικές αντιδράσεις της ζωντανής ύλης. Μετά το τέλος της αντίδρασης βρίσκονται ανέπαφα, παρότι είναι ενδεχόμενο να υπέστησαν μεταβολές κατά τη διάρκεια της κατάλυσης. Τα ένζυμα παράγονται από ζωντανά κύτταρα, αλλά έχουν τη δυνατότητα να δράσουν και χωριστά από αυτά

και παραμένουν δραστικά για πολύ διάστημα μετά από το θάνατό των κυττάρων που τα δημιούργησαν.

Τα ένζυμα καταλύουν ή επιταχύνουν τις θερμοδυναμικά δυνατές αντιδράσεις, χωρίς να μεταβάλλουν τη σταθερά της ισορροπίας τους.

Επειδή τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες, παρουσιάζουν μια έντονη ευαισθησία στους παράγοντες που προκαλούν τη μετουσίωση των πρωτεϊνών, όπως η θερμοότητα, τα ισχυρά οξέα και βάσεις, οι οργανικοί διαλύτες, χάνοντας έτσι τις καταλυτικές τους ιδιότητες. Στο σημείο αυτό τα ένζυμα, αν και δεν είναι ζωντανή ουσία, μοιάζουν κατά κάποιο τρόπο με τους μικροοργανισμούς, που κι αυτοί επηρεάζονται σημαντικά από τους ίδιους παράγοντες.

Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα των ενζύμων είναι η εκλεκτικότητα της δράσης τους, που πολλές φορές περιορίζεται σε πολύ στενά όρια, ώστε κάθε ένζυμο να δρα δε ορισμένη μονό ουσία και πολλές φορές σε συγκεκριμένη στερεοϊσομερή μορφή της. [23], [24]

Ø Λιγνίνη, Κυτταρίνη, Ημικυτταρίνη

Το ξύλο, τα χόρτα και τα φυτά αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας στη φύση και ονομάζονται λιγνοκυτταρίνη (lignocellulose). Η λιγνοκυτταρίνη αποτελείται από κυτταρίνη, λιγνίνη και ημικυτταρίνη.

Η φωτοσύνθεση και η αποσύνθεση τους είναι σημαντικές για τον κύκλο του άνθρακα. Ο ρυθμός αποσύνθεσης εξαρτάται από την θερμοκρασία, την υγρασία και το είδος της λιγνοκυτταρίνης. Ένα θερμό και υγρό περιβάλλον είναι πιο κατάλληλο από ένα ψυχρό και ξηρό, καθώς και τα χόρτα αποσυντίθενται γρηγορότερα από το ξύλο.

Η λιγνίνη, η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη είναι δύσκολα αποδομήσιμες ουσίες, γιατί είναι αδιάλυτες στο νερό και λόγω του μεγάλου μεγέθους τους και της σύνθετης δομής τους δεν μπορούν να περάσουν μέσα στο μικροβιακό κύτταρο. Έτσι απαιτείται για την αποσύνθεσή τους η χρήση εξωκυτταρικών ενζύμων (σύνθετες

πρωτεϊνικές δομές που αποσυνθέτουν οργανικά συστατικά έξω από το κύτταρο του μικροοργανισμού). Όταν οι ουσίες αυτές διασπαστούν σε απλούστερα οργανικά συστατικά και διαλυτές μορφές, μπορούν να εισχωρήσουν στο μικροβιακό κύτταρο και να αποτελέσουν τροφή και ενέργεια για το κύτταρο.

Η κυτταρίνη είναι δομικό συστατικό των φυτικών ιστών. Πρόκειται για ένα πολυμερές γλυκόζης με β(1→4) δεσμούς. Η δομή της είναι μερικά κρυσταλλική και μερικά άμορφη.

Η κρυσταλλική κυτταρίνη είναι έντονα ανθεκτική στη μικροβιακή αποσύνθεση ενώ η άμορφη κυτταρίνη αποσυντίθεται πρώτη και πολύ γρηγορότερα. Τα ένζυμα που αποσυνθέτουν την κυτταρίνη ποικίλουν. Τα ένζυμα μπορεί να διαχωρίσουν μόρια γλυκόζης από το τέλος του πολυμερούς (εξωκυτταρινάσες) ή να διασπάσουν το πολυμερές σε μικρότερα μόρια με εσωτερική αποσύνθεση (ενδοκυτταρινάσες). Οι κυτταρινάσες εμφανίζονται συχνά στο έδαφος και σε μύκητες που ευδοκιμούν στα φυτά. Οι πιο αποτελεσματικοί αποδομητές της κυτταρίνης είναι οι νηματοειδείς μύκητες. Οι ακτινομύκητες επιτίθενται στην κυτταρίνη με τον ίδιο τρόπο όπως οι μύκητες. Εκτός απ' τους μύκητες, αρκετά αερόβια και αναερόβια βακτήρια που ζουν στο έδαφος και το κόμποστ παράγουν τα κατάλληλα ένζυμα για να αποσυνθέτουν την κυτταρίνη.

Η ημικυτταρίνη είναι δομικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των φυτών, αλλά είναι και συστατικό των τροφίμων (δημητριακά, ξηροί καρποί, όσπρια και αλεύρι). Είναι ετεροπολυμερές και κυρίως αποτελείται από πέντε μονομερή σακχάρων, D-γλυκόζη, D-μανόζη, D-γαλακτόζη, D-ξυλόζη και L-αραβινόζη. Εκτός απ' τους μύκητες, αρκετά αερόβια και αναερόβια βακτήρια που ζουν στο έδαφος και το κόμποστ παράγουν τα κατάλληλα ένζυμα για να αποσυνθέτουν την ημικυτταρίνη.

Η λιγνίνη εμφανίζεται στα φυτά. Είναι ένα πολυμερές από φαίνυλο-προπανικές μονάδες, οι οποίες διασταυρώνονται με διαφορετικούς χημικούς δεσμούς καταλήγοντας σε μία σύνθετη μορφή. Τα μόρια της λιγνίνης συχνά εμφανίζονται συνδεδεμένα με κυτταρίνη. Απαιτείται μία ποικιλία ενζύμων για να αποσυντεθεί





πλήρως η λιγνίνη. Τα ένζυμα αυτά διακρίνονται σε δύο λειτουργικές ομάδες: λιγνινοπεροξειδάσες (lignin peroxidase-LiP) και μαγγανοπεροξειδάσες (manganese peroxidase-MnP). Κυρίως οι μύκητες αναπτύσσουν τα απαραίτητα ένζυμα για την αποσύνθεση της λιγνίνης και ειδικά η κατηγορία white-rot (χαρακτηριστικό γνώρισμα της κατηγορίας αυτής είναι η εύκολη αποδόμηση του ξύλου). Οι ακτινομύκητες αποσυνθέτουν επίσης τη λιγνίνη, αλλά τυπικά αποσυνθέτουν λιγότερο από το 20% αυτής.

Η αποσύνθεση της λιγνίνης είναι βασικά αερόβια διεργασία και σε αναερόβιες συνθήκες η λιγνίνη αντιστέκεται στην αποσύνθεση για πολύ καιρό.

Οι μικροοργανισμοί δεν κερδίζουν ενέργεια από την αποσύνθεση της λιγνίνης, αλλά δίνεται έτσι η δυνατότητα εκμετάλλευσης των υδρογονανθράκων. Τελικά η λιγνίνη αποσυντίθεται σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και χουμικές ουσίες. [24], [25]

Ø Θερμοκρασία

Η μικροβιακή ανάπτυξη επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Γενικά το μικροβιακό κύτταρο αναπτύσσεται σε θερμοκρασιακό εύρος από 25 έως 30°C. Υπάρχουν όμως μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από 0°C και υψηλότερη από 93°C. Οι μικροοργανισμοί κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη θερμοκρασία που αναπτύσσονται όπως φαίνεται παρακάτω:

-  *Ψυχρόφιλος*, οι οποίοι μπορούν να αναπτυχθούν στους 0°C και κάποιες φορές μέχρι και -10°C. Το ανώτερο όριο είναι περίπου στους 25°C.
-  *Μεσόφιλος*, που ευδοκιμούν στο θερμοκρασιακό εύρος 20°C (ή χαμηλότερα) έως 45°C.
-  *Θερμόφιλος*, με βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης στους 50°C ή περισσότερο. Μέγιστη θερμοκρασία περίπου 70°C και ελάχιστη περίπου 20°C.
-  *Υπερθερμόφιλος*, οι οποίοι έχουν βέλτιστη θερμοκρασία πάνω 75°C. Μέγιστη θερμοκρασία φτάνει περίπου στους 100°C. Συχνά οι υπερθερμόφιλοι μικροοργανισμοί δεν αναφέρονται ως ξεχωριστή κατηγορία απ' τους θερμόφιλους.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών περιγράφεται από την εξίσωση του Arrhenius:

$$m = A \cdot e^{-E/RT}$$

μ: ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

A: σταθερά Arrhenius

E: ενέργεια ενεργοποίησης (kcal/mol)

R: παγκόσμια σταθερά αερίων

T: απόλυτη θερμοκρασία

[22],

Ø pH

Το pH είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων. [22]

5.4 Τα είδη των μικροοργανισμών στο κόμποστ

Οι σημαντικότεροι μικροσκοπικοί οργανισμοί στο κόμποστ είναι τα βακτήρια, τα οποία αποσυνθέτουν το μεγαλύτερο μέρος της οργανικής ύλης. Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι μικροοργανισμοί όπως ακτινομύκητες, μύκητες και πρωτόζωα, τα οποία παίζουν επίσης πολύ σημαντικό ρόλο στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Οι παραπάνω ανήκουν στην κατηγορία των χημικών αποικοδομητών και αλλάζουν τη χημική σύσταση των αποβλήτων.

Στους μεγαλύτερους σε μέγεθος οργανισμούς που περιέχονται στο κόμποστ περιλαμβάνονται αραχνίδια γένους Acarina, εκατονταποδαρούσες, σαρανταποδαρούσες, πλατυέλμινθοι, οστρακόδερμα τάξης oniscoidea, σαλιγκάρια, γαστερόποδα γένους limacidae, αράχνες, σκαθάρια, μυρμήγκια, μύγες, νηματώδη πρωτόζωα και τα πιο σημαντικά τα σκουλήκια. Αυτή η κατηγορία είναι οι φυσικοί αποικοδομητές, αφού δαγκώνουν, αλέθουν, σχίζουν και τρυπούν τα υλικά σε μικρότερα κομμάτια κάνοντάς τα πιο κατάλληλα για τους χημικούς αποικοδομητές να τα αποσυνθέσουν.

Στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 5.1**) φαίνονται οι σημαντικότεροι μύκητες, ακτινομύκητες και βακτήρια που εμφανίζονται στο κόμποστ.

Πίνακας 5.1: Οι σημαντικότεροι μύκητες, ακτινομύκητες και βακτήρια που εμφανίζονται στο κόμποστ.

Fungus	Actinomycete	Other bacteria
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Nocardia</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.
<i>Chaetomium globosum</i>	<i>Streptomyces</i> spp.	<i>Flavobacterium</i> spp.
<i>Chaetomium thermophilum</i>	<i>Thermoactinomyces</i> spp.	<i>Hydrogenobacter</i> spp.
<i>Coprinus</i> spp.	<i>Thermomonospora</i> spp.	<i>Methylobacterium exotortuens</i>
<i>Fusarium</i> spp.		<i>Propionibacterium</i> spp.
<i>Penicillium</i> spp.		<i>Pseudomonas</i> spp.
<i>Thermoascus aurantiacus</i>		<i>Serratia</i> spp.
<i>Thermomyces lanuginosus</i>		<i>Thermus</i> spp.
<i>Trichoderma viride</i>		<i>Xanthomonas maltophilia</i>

Ø Βακτήρια (bacteria)

Τα βακτήρια είναι οι μικρότεροι ζωντανοί οργανισμοί και οι περισσότεροι σε αριθμό στο κόμποστ, αποτελούν τα 80-90% των δισεκατομμυρίων των μικροοργανισμών που υπάρχουν σε ένα γραμμάριο κόμποστ.

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, έχουν μέγεθος 0,5-5μm μήκος και 0,3-1,5 μm πλάτος. Τα συνήθη σχήματα τους είναι το σφαιρικό (κόκκοι), το κυλινδρικό (βάκιλοι) και το σπειροειδές (σπείρες), ενώ συνήθως τα κύτταρά τους διατάσσονται σε ζεύγη, συσσωματώματα ή αλυσίδες. Ο μέσος μοριακός τους τύπος είναι $C_5H_7O_2NP_{0.2}$.

Αναπαράγονται με τη μέθοδο της διχοτόμησης και έχουν κινητικότητα (όχι όλοι οι τύποι). Το πυρηνικό υλικό κατά τη διαδικασία της αναπαραγωγής διαμοιράζεται σε δύο νέα κύτταρα. Ο χρόνος διπλασιασμού τους είναι 20-30min.

Σε όλα τα βακτήρια υπάρχει:

- ♦ Ένα στερεό *κύτταρο τοίχωμα* το οποίο χρησιμεύει για τη διατήρηση του σχήματος του κυττάρου και ταυτόχρονα προστατεύει το περιεχόμενο από την οσμωτική

πίεση. Μερικά βακτήρια καλύπτονται από ένα στρώμα μιας κολλώδους ουσίας, που ονομάζεται έλυτρο.

- ◆ Αμέσως μετά το κυτταρικό τοίχωμα, υπάρχει η *κυτταροπλασματική μεμβράνη*. Ο ρόλος της είναι να παρέχει ένα ημιπερατό φράγμα, διαχωρίζοντας έτσι το πρωτόπλασμα από το εξωτερικό περιβάλλον και επιτρέποντας ταυτόχρονα την είσοδο των θρεπτικών ουσιών μέσα στο κύτταρο και την έξοδο των αποβλήτων.
- ◆ Το *πρωτόπλασμα* ή διαφορετικά το εσωτερικό τμήμα του κυττάρου, χωρίζεται σε τρεις διαφορετικές περιοχές, το κυτταρόπλασμα, τον πυρήνα και τα πολυριβωσώματα. Τα τελευταία παράγουν πολύπλοκα ένζυμα, εξαιρετικά εξειδικευμένα για κάθε βιοχημική αντίδραση που συντελείται μέσα στο βακτήριο. Το κυτταρόπλασμα περιέχει το RNA, ενώ η πυρηνική περιοχή το DNA, το οποίο όμως στα προκαρυωτικά κύτταρα διαχέεται σε ολόκληρο το εσωτερικό του κυττάρου.

Σε συνθήκες περιβάλλοντος που δεν ευνοούν την ανάπτυξη των βακτηρίων τότε αυτά παράγουν σπόρους οι οποίοι είναι πολύ ανθεκτικοί σε ακραίες συνθήκες (θερμοκρασίας, pH κ.α.) και οι οποίοι αναπτύσσονται σε κανονικά κύτταρα όταν οι συνθήκες το επιτρέψουν.

Τα βακτήρια που λαμβάνουν την ενέργεια και τον άνθρακα που χρειάζονται από ένα οργανικό συστατικό ή υλικό ονομάζονται **ετερότροφα**. Τα βακτήρια που χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα ως πηγή άνθρακα και λαμβάνουν την απαιτούμενη ενέργεια από το ηλιακό φως ή από την οξείδωση ανόργανου υλικού ονομάζονται **αυτότροφα**.

Ρόλος των βακτηρίων στο κόμποστ

Τα βακτήρια συνδέονται με την αποσύνθεση του μεγαλύτερου μέρους της άμεσα αποικοδομήσιμης οργανικής ύλης και με την παραγωγή θερμότητας στο κόμποστ. Τα περισσότερα βακτήρια στο κόμποστ είναι ετερότροφα. Κάποια απ' αυτά είναι τόσο προσαρμόσιμα που μπορούν να χρησιμοποιήσουν πάνω από εκατό διαφορετικές οργανικές ουσίες σαν πηγή άνθρακα, κι' αυτό γιατί έχουν την ικανότητα να παράγουν μεγάλη ποικιλία ενζύμων.

Θερμοκρασία, pH, υγρασία, O₂

Το θερμοκρασιακό εύρος που αναπτύσσονται τα βακτήρια είναι :

- Ψυχρόφιλα, η βέλτιστη θερμοκρασία είναι περίπου 13°C, μπορούν όμως να αναπτυχθούν μέχρι τους 0°C και κάποιες φορές μέχρι και -10°C.
- Μεσόφιλα, ευδοκίμουν στο θερμοκρασιακό εύρος 20°C έως 45°C, αλλά επιβιώνουν και σε μικρότερες ή μεγαλύτερες θερμοκρασίες (5-20°C και 30-45°C).
- Θερμόφιλα, εργάζονται γρήγορα στο βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος 40-70°C. Ωστόσο εμφανίζονται και θερμόφιλα βακτήρια που αναπτύσσονται και σε θερμοκρασίες 99°C.

Το εύρος pH το οποίο αναπτύσσονται τα περισσότερα βακτήρια είναι 4,0-10,0. οι μεταβολικές λειτουργίες του βακτηρίου μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο pH. Το περιβάλλον πρέπει να έχει την ικανότητα ρύθμισης, έτσι ώστε να εξουδετερώνονται αυτές οι αλλαγές.

Όλα τα βακτήρια χρειάζονται υγρασία, επειδή όλα τα θρεπτικά συστατικά πρέπει να είναι διαλυμένα για να μπορούν να διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη.

Τα βακτήρια που αναπτύσσονται στο κόμποστ είναι αερόβια. Σε συνθήκες όμως περιορισμένου οξυγόνου και υψηλής υγρασίας εμφανίζονται αναερόβια βακτήρια, τα οποία δουλεύουν σε πιο αργούς ρυθμούς. [22], [26], [27]

Ø Μύκητες (fungi)

Οι μύκητες αριθμούν μεταξύ 0,01 και 1 εκατομμύριο ανά γραμμάριο απορριμμάτων.

Οι μύκητες αποτελούν μη φωτοσυνθετικούς ευκαριωτικούς οργανισμούς. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες : σε μούχλες (molds), που είναι νηματοειδείς, σε ζύμες (yeasts), που είναι μη νηματοειδείς μύκητες και σε μανιτάρια (mushrooms) που είναι μακροσκοπικοί μύκητες. Οι μύκητες είναι τυπικά σαπροφυτικοί, δηλ. τρέφονται διασπώντας νεκρή οργανική ύλη. Έχουν μέγεθος 5μm ή μεγαλύτερο. Έχουν μοριακό τύπο C₁₀H₁₇O₆N και πολλαπλασιάζονται με σπόρια.

Ρόλος των μυκήτων στο κόμποστ

Στο κόμποστ οι μύκητες είναι σημαντικοί, γιατί αποσυνθέτουν ουσίες δύσκολα αποδομήσιμες, όπως η κυτταρίνη, και έτσι επιτρέπουν στα βακτήρια να συνεχίσουν τη διαδικασία της αποικοδόμησης. Μπορούν να «επιτεθούν» σε οργανικά απορρίμματα που είναι σχετικά ξηρά, όξινα ή με χαμηλή συγκέντρωση αζώτου και τα βακτήρια δεν μπορούν να τα αποσυνθέσουν.

Θερμοκρασία, pH, υγρασία, O₂

Η ενδεδειγμένη *θερμοκρασία* για τη δράση των μυκήτων στο σωρό του κόμποστ είναι περίπου 20-25°C, αν και υπάρχουν θερμοφιλες μορφές μυκήτων που προτιμούν μεγαλύτερες θερμοκρασίες και επιζούν και σε 50°C. Ωστόσο η πλειοψηφία των μυκήτων παραμένει στο εξωτερικό στρώμα του κόμποστ όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό είναι υψηλή.

Οι μύκητες είναι *αερόβιοι* και αναπτύσσονται σε περιβάλλον με λίγη *υγρασία* και χαμηλό *pH* (3-8,5) σε σχέση με άλλες κατηγορίες μικροοργανισμών. [22], [26], [27]



Εικόνα 5.1 : Μύκητες στο χώμα



Εικόνα 5.2: Πλέγμα μυκήτων στο κόμποστ

Ø Ακτινομύκητες (actinomycetes)

Οι ακτινομύκητες είναι περίπου το 5% ή και παραπάνω του βακτηριακού πληθυσμού των απορριμμάτων.

Αν και οπτικά οι ακτινομύκητες μοιάζουν στους μύκητες είναι νηματοειδή βακτήρια. Όπως τα βακτήρια, δεν έχουν πυρήνα, αλλά αναπτύσσουν πολυκύτταρα νημάτια

όπως οι μύκητες. Σχηματίζουν μακριά, διακλαδωμένα νημάτια και μερικές φορές εμφανίζονται σε κυκλικές αποικίες. Διακλαδωμένες μορφές ακτινομυκητών βλέπουμε συνήθως στο τέλος της διαδικασίας της κομποστοποίησης, στο εξωτερικό στρώμα, 10-15cm, του σωρού.

Η πλειοψηφία είναι *αερόβιοι*.

Ρόλος των ακτινομυκητών στο κόμποστ

Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι κατάλληλα για την αποικοδόμηση σύνθετων οργανικών υλών όπως κυτταρίνη, λιγνίνη, χιτίνη και πρωτεΐνες. Τα ένζυμα που διαθέτουν τους επιτρέπουν να αποσυνθέτουν ξύλινα κλαδιά, φλοιούς και εφημερίδες. [14], [15], [17]

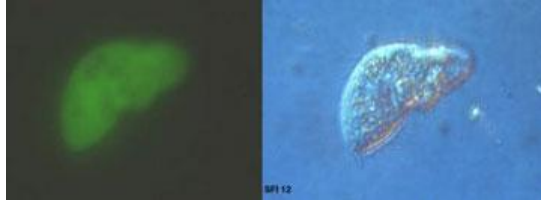
Ø Πρωτόζωα (protozoa)

Ένα γραμμάριο απορριμμάτων μπορεί να περιέχει 1 εκατομμύριο πρωτόζωα, αλλά ένα γραμμάριο κόμποστ έχει πολλές εκατοντάδες λιγότερα.

Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί και κατά μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερα από τα βακτήρια. Τα περισσότερα δεν είναι φωτοσυνθετικά και πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση. Τα περισσότερα είδη είναι αυτοκινούμενα και η διάκρισή τους βασίζεται στα μέσα που χρησιμοποιούν για την μετακίνησή τους (Ψευδόποδα, Μαστιγοφόρα, Βλεφαριδοφόρα, Παρασιτικά πρωτόζωα). Ο μέσος μοριακός τους τύπος είναι $C_7H_{14}O_3N$.

Ρόλος των πρωτόζωων στο κόμποστ

Τα πρωτόζωα προσλαμβάνουν τροφή από οργανική ύλη όπως τα βακτήρια, αλλά επειδή είναι σε πολύ μικρότερο ποσοστό στο κόμποστ απ' τα βακτήρια, συνεισφέρουν πολύ λιγότερο στη διαδικασία της κομποστοποίησης. [26] [27],

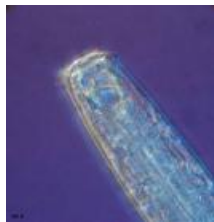


Εικόνα 2.3 : πρωτόζωα που τρώνε βακτήρια

Ø Νηματόζωα (nematodes)

Τα νηματόζωα είναι τα περισσότερα στο κόμποστ από την κατηγορία των φυσικών αποδομητών.

Είναι κυλινδρικά και μικρότερα από 1mm στο μήκος. Κάποια είδη ψάχνουν τροφή στα αλλοιωμένα, σάπια απόβλητα, άλλα τρέφονται με βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα και άλλα νηματόζωα και κάποια ρουφούν τους χυμούς από τις ρίζες των φυτών. Αν και υπάρχουν επιβλαβή είδη αυτής της κατηγορίας, τα περισσότερα απ' αυτά που βρίσκουμε στα απόβλητα και το κόμποστ είναι ωφέλιμα. [26], [17]



Εικόνα 5.4: Νηματόζωο

Ø Mites (Αραχνίδια γένους acarina)

Τα αραχνίδια είναι η δεύτερη πιο συχνή κατηγορία ασπόνδυλων στο κόμποστ.

Έχουν οκτώ πόδια. Κάποια είναι ορατά με γυμνό μάτι και κάποια είναι μικροσκοπικά. Κάποια μπορεί να τα μεταφέρουν άλλα πιο γρήγορα είδη, όπως οστρακόδερμα, σαρανταποδαρούσες και σκαθάκια. Ορισμένα ψάχνουν για τροφή σε

φύλλα, σάπιο ξύλο και άλλα οργανικά απόβλητα, άλλα τρέφονται με μύκητες και άλλα πάλι είναι άρπαγες και τρέφονται με νηματόζωα, αυγά, κάμπιες, άλλα αραχνίδια και αρθρόποδα. Μπορεί να είναι παρασιτικά ή να ζουν ελεύθερα.

Τα είδη που συναντάμε στο σωρό του κόμποστ δεν είναι βλαβερά για τα φυτά του κήπου ή τον άνθρωπο.



Εικόνα 5.5: Mites (Acarina)

Ø Springtails (φύλο: αρθρόποδα)

Το είδος αυτό είναι πολυάριθμο στο κόμποστ.

Είναι πολύ μικρά, έχουν έξι πόδια, και δεν έχουν φτερά. Μπορεί κανείς να τα διακρίνει απ' την ικανότητά τους να πηδούν όταν ενοχλούνται. Είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο του πληθυσμού των μυκήτων. Τρέφονται κυρίως με μύκητες, αλλά και με νηματόζωα και μικρά κομμάτια οργανικών αποβλήτων.



Εικόνα 5.6: Springtails

Ø Σαλιγκάρια (snails) και Slugs (Γαστερόποδα γένους limacidae)

Τα σαλιγκάρια και τα γαστερόποδα γένους limacidae είναι και τα δύο μαλάκια. Τα σαλιγκάρια διαθέτουν σπειροειδές κέλυφος, ενώ τα γαστερόποδα γένους limacidae δεν έχουν κάποιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Και τα δύο αφήνουν αυγά σε κάψουλες ή ζελατινώδεις μάζες και περνούν από τα στάδια της νύμφης για την ενηλικίωση.

Γενικά τρέφονται με φυτά (ζωντανή οργανική ύλη), αλλά θα επιτεθούν και σε φρέσκα σκουπίδια και σε κομμάτια φυτών, γι' αυτό και τα συναντάμε στο σωρό του κόμποστ.



Εικόνα 5.7: Σαλιγκάρι

Ø **Sow bugs (Οστρακόδερμα τάξης oniscoidea)**

Τα οστρακόδερμα τάξης oniscoidea έχουν χοντρό σώμα, και το εξωτερικό κέλυφος χωρίζεται σε τμήματα. Στη μορφή μοιάζουν με τα οστρακοειδή, με τα οποία έχουν συγγένεια. Αναπαράγονται με αυγά, τα οποία επωάζουν. Ανήκουν στους καταναλωτές πρώτου επιπέδου και άρα τρέφονται με αποσυνθεμένα χορταρικά και σαπισμένα ξυλώδη υλικά.



Εικόνα 5.8: Sow bug

Ø **Μυριάποδα (millipedes)**

Οι σαρανταποδαρούσες μοιάζουν στη μορφή με τα σκουλήκια. Το σώμα τους χωρίζεται σε τμήματα και διαθέτουν πολλά πόδια. Για την αναπαραγωγή τους αφήνουν αυγά στο έδαφος την άνοιξη, τα οποία εκκολάπτονται σε μικρά σκουλήκια αρχικά. Μπορούν να φτάσουν σε μήκος 1-2in. Στο κόμποστ τρέφονται με φυτικές ύλες και άρα βοηθούν στη διάσπασή τους.

Ø **Σαρανταποδαρούσες (centipedes)**

Πρόκειται για καταναλωτές 3^{ης} τάξης, που τρέφονται μόνο με ζωντανούς μικροοργανισμούς ειδικά με αράχνες, έντομα και σκουλήκια. Βρίσκονται κυρίως σε μικρό βάθος (μερικές ίντσες) από την επιφάνεια του σωρού του κόμποστ. Το σώμα τους χωρίζεται σε τμήματα και διαθέτουν 15 ή παραπάνω ζευγάρια πόδια, ένα

ζευγάρι σε κάθε τμήμα. Επίσης διαθέτουν τσιμπίδες πίσω απ' το κεφάλι τους, οι οποίες έχουν δηλητήριο για να παραλύουν τους οργανισμούς που κυνηγούν.



Εικόνα 5.9 : Centipede, Millipede

Ø Αράχνες (spiders)

Οι αράχνες τρέφονται με έντομα και άλλα μικρά ασπόνδυλα.



Εικόνα 5.10: Αράχνη

Ø Σκαθάρια (beetles)

Τα σκαθάρια είναι εύκολα ορατά και έχουν δύο ζευγάρια φτερά. Τα περισσότερα ενήλικα σκαθάρια τρέφονται με αλλοιωμένα λαχανικά, ενώ άλλα κυνηγούν έντομα και μικρούς οργανισμούς.



Εικόνα 5.11: Σκαθάρι

Ø Μυρμήγκια (ants)

Τα μυρμήγκια τρέφονται με aphid honey-dew, μύκητες, σπόρους, άλλα έντομα και μερικές φορές με άλλα μυρμήγκια. Το κόμποστ περιέχει κάποιες απ' αυτές τις τροφές, και λειτουργεί και σαν καταφύγιο για φωλιές. Τα μυρμήγκια παραμένουν στο σωρό όσο είναι σχετικά δροσερός. Κυνηγούν 1^{ης} τάξης καταναλωτές και προσφέρουν στη διαδικασία της κομποστοποίησης μεταφέροντας στις φωλιές τους

μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς. Αυτή η διαδικασία εμπλουτίζει το κόμποστ με φώσφορο και κάλιο μεταφέροντας μέταλλα από ένα μέρος σε άλλο.

Ø Μύγες (flies)

Κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της κομποστοποίησης οι μύγες αποτελούν ιδανικό μεταφορικό μέσο για τα βακτήρια, καθώς αυτές κινούνται προς τον σωρό. Οι μύγες περνάνε τη φάση της κάμπιας στο κόμποστ, όμως δεν επιβιώνουν στις θερμόφιλες θερμοκρασίες που επικρατούν στη συνέχεια. Οι ενήλικες μύγες τρέφονται με οργανική ύλη.

Αν όταν φτιάχνεται ο σωρός του κόμποστ δημιουργηθεί ένα στρώμα στο πάνω μέρος με υγρά φύλλα και χόρτα και καλυφθούν τα απορρίμματα, τότε δεν θα αναπτυχθούν πολλές μύγες. Τα αραχνίδια επίσης μειώνουν τον αριθμό των μυγών στο κόμποστ. Ωστόσο ο ρυθμός αναπαραγωγής των μυγών είναι πολύ γρήγορος και έστω λίγες να έχουν επιβιώσει μπορούν να αναπτυχθούν και πάλι πριν δημιουργηθούν υψηλές θερμοκρασίες.

Ø Earthworms (Σκουλήκια γένους oligochaeta)

Τα σκουλήκια περνάνε το περισσότερο χρόνο τους οργώνοντας και εμπλουτίζοντας το χώμα.

Από την ανατομία τους ξέρουμε ότι έχουν ένα πεπτικό σωλήνα ο οποίος χωνεύει, αποσυνθέτει και αποβάλλει τέλος τις ουσίες. Καθώς το χώμα και η οργανική ύλη περνάνε απ' το πεπτικό σύστημα του σκουληκιού εκκρίνεται ανθρακικό ασβέστιο από αδένες που βρίσκονται κοντά στο στομάχι και διασπώνται. Όταν φτάσουν στο στομάχι οι ουσίες είναι ήδη λεπτά αλεσμένες πριν την πέψη. Τη διαδικασία της χώνευσης συνεχίζουν ουσίες που εκκρίνονται στο έντερο και είναι πλούσιες σε ορμόνες και ένζυμα. Το υλικό που απορρίπτεται τελικά από το σώμα του σκουληκιού είναι πιο πλούσιο και καλύτερης ποιότητας απ' όλες τις χουμικές ουσίες. Τα φρέσκα περιττώματα είναι σημαντικά πλουσιότερα σε βακτήρια, οργανική ύλη, διαθέσιμο άζωτο, ασβέστιο και μαγνήσιο, καθώς και διαθέσιμο φώσφορο και κάλιο απ' ότι το ίδιο το χώμα.



Εικόνα 5.12: Earthworms στο κόμποστ

Ø Κοπροσκώληκες (Potworms)

Αυτό το είδος σκουληκιού είναι μικρό, νηματοειδές και άσπρο με μήκος περίπου 25mm και διάμετρο που ποικίλει από 0,7-1,5mm. Διαθέτουν μια λεπτή επιδερμίδα γύρω από το σώμα τους μέσω της οποίας διαχέεται το νερό. Αυτό σημαίνει πως απαιτούν 100% υγρασία για να επιβιώσουν.

Εμφανίζονται κυρίως στο κόμποστ όταν υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα έτοιμου υλικού (κόμποστ). Είναι ωφέλιμα για τη διαδικασία της κομποστοποίησης αφού τρέφονται με νεκρή οργανική ύλη και επίσης απορροφούν ανόργανα συστατικά και μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην ανάμειξη της οργανικής ύλης με το ανόργανο χώμα. Αν και παρατηρούνται όταν το pH των στρωμάτων του σωρού είναι όξινο, δεν απαιτείται ρύθμιση του pH για να ευδοκιμήσουν. Τέλος δεν αποτελούν απειλή για τα φυτά ή τον άνθρωπο, γιατί δεν τρέφονται με ζωντανή ύλη.



Εικόνα 5.13: Κοπροσκώληκας

Ø Πλατυέλμινθος (flatworm)

Πρόκειται για την απλούστερη μορφή σκουληκιού. Τα περισσότερα μέλη αυτού του είδους είναι σαρκοφάγα και μπορούν να ζουν ανεξάρτητα ή παρασιτικά. Αναπτύσσονται σε λεπτά στρώματα νερού στο εσωτερικό του κόμποστ. [15]

Ø Πλεντάζωα ή τριχόποδα (rotifers)

Τα πλεντόζωα είναι πολυκύτταροι μικροοργανισμοί με πεπτικό σύστημα, μυϊκό σύστημα και αναπαραγωγικό σύστημα. Το σώμα τους είναι κυλινδρικό και χωρίζεται σε τρία τμήματα: κεφάλι, θώρακα και ουρά. Στην κορυφή του φέρει βλεφαρίδες οι οποίες κινούμενες προωθούν σωματίδια και βακτήρια στο πεπτικό σύστημα του ζώου. Ζουν κυρίως σε στρώμα νερού και κάποιοι απ' αυτούς είναι υδρόβιοι οργανισμοί. Στο κόμποστ τους συναντάμε στο νερό που καλύπτει τα φυτά, όπου και τρέφονται με άλλους μικροοργανισμούς. [26],

5.5 Η διαδοχή των μικροοργανισμών κατά την κομποστοποίηση

Στην αερόβια κομποστοποίηση βασικό ρόλο παίζουν τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ακτινομύκητες.

Στην αρχή της διαδικασίας οι *μεσόφιλοι οργανισμοί* αναπτύσσονται και παράγουν θερμότητα μέσω των μεταβολικών τους διεργασιών και αυξάνουν έτσι την θερμοκρασία μέχρι το σημείο που η δική τους δραστηριότητα δυσχεραίνεται. Επικρατέστερα σ' αυτή τη φάση είναι τα μεσόφιλα βακτήρια. Για την ανάπτυξη τους οι μικροοργανισμοί διασπούν τα άμεσα διαθέσιμα συστατικά της οργανικής ύλης δηλ. σάκχαρα ($C_6H_{12}O_6$) και αμινοξέα.

Στη συνέχεια εμφανίζονται *θερμόφιλα βακτήρια*, τα οποία είναι υπεύθυνα για την αποσύνθεση των πρωτεϊνών και άλλων οργανικών υλών. Φαίνεται επίσης να ευθύνονται για την έντονη δραστηριότητα των πρώτων ημερών και την αύξηση της θερμοκρασίας στους 70-80°C. Τότε σημαντικές αλλαγές πραγματοποιούνται στο σωρό του κόμποστ, όπου ο όγκος του μειώνεται δραστικά και η εμφάνιση του αλλάζει. Τα θερμόφιλα βακτήρια συνεχίζουν να κυριαρχούν και στο εσωτερικό του σωρού όπου η υψηλή θερμοκρασία είναι ανασταλτικός παράγοντας για μύκητες και ακτινομύκητες.

Οι *θερμόφιλοι μύκητες* συνήθως εμφανίζονται μετά 5-10μέρες όταν η θερμοκρασία έχει πέσει στους 40-60 °C και μαζί με τους *ακτινομύκητες* κυριαρχούν στο τελικό

στάδιο της κομποστοποίησης που πραγματοποιείται σε μικρή διάρκεια και γρήγορα. Οι μύκητες και ακτινομύκητες εκτός από το τελικό στάδιο της κομποστοποίησης αναπτύσσονται και νωρίτερα σε μία στενή ζώνη 2-6in πάχους απ' την επιφάνεια του σωρού. Κάποιες μορφές μούχλας αναπτύσσονται επίσης σ' αυτή την εξωτερική ζώνη. Ο πληθυσμός των μυκήτων και ακτινομυκήτων είναι αρκετός για να προσδώσει μια γκρι-άσπρη απόχρωση σ' αυτό το σημείο. Το γεγονός ότι οι οργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται σε τόσο μικρό πάχος οφείλεται στην αδυναμία τους να επιβιώσουν στις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στο εσωτερικό του σωρού (όπου επικρατούν τα θερμοφιλά βακτήρια). Το συχνό ανακάτεμα του σωρού, που μπορεί να επιδιώκεται και για περιορισμό της ανάπτυξης μυγών, αναστέλλει την ανάπτυξη τους αφού το δροσερότερο εξωτερικό τμήμα του σωρού αναμειγνύεται με το θερμότερο εσωτερικό πριν προλάβουν να αναπτυχθούν σε μεγάλη κλίμακα.

Στο τελικό στάδιο της κομποστοποίησης όπου είναι έντονη η παρουσία μυκήτων και ακτινομυκήτων αποσυντίθενται οι δύσκολα αποδομήσιμες ουσίες όπως κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη κ.α. Αν και πολλά βακτήρια αποδομούν την κυτταρίνη, στα σημεία που επικρατούν τα βακτήρια η κυτταρίνη (π.χ χαρτί) αποσυντίθεται λιγότερο, ενώ στα στρώματα που κυριαρχούν μύκητες και ακτινομύκητες η αποσύνθεση είναι σημαντική. Τότε ο όγκος του κόμποστ σε υγρή βάση μπορεί να μειωθεί στο μισό. Το στάδιο της σχετικά υψηλής αυτής θερμοκρασίας διαρκεί 20 ή περισσότερες μέρες μετά την μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας (70-80 °C).

Τελικά η θερμοκρασία μειώνεται και οι *μεσόφιλοι οργανισμοί* επικρατούν ξανά αντικαθιστώντας τους θερμοφίλους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ

6.1 Τα μέταλλα στο κόμποστ (Potential Toxic Elements, PTEs)

Πολλά μέταλλα και αμέταλλα εμφανίζονται σε στοιχειώδεις ποσότητες στο έδαφος και το νερό.

Τα ιχνοστοιχεία αυτά προέρχονται απ' την διάβρωση των πετρωμάτων και μπορούν να περάσουν στα επιφανειακά ή υπόγεια νερά, να απορροφηθούν απ' τα φυτά, να απελευθερωθούν σε αέρια μορφή στην ατμόσφαιρα ή να δεσμευτούν από συστατικά του εδάφους.

Τα μέταλλα που συναντάμε στα αστικά στερεά απόβλητα (MSW) μπορεί να προέρχονται από μπαταρίες, λάμπες, πλαστικά, χρησιμοποιημένα λάδια αυτοκινήτων, μελάνι, γυαλί κα. Το κόμποστ που προέρχεται από το οργανικό κλάσμα των στερεών αποβλήτων αναπόφευκτα θα περιέχει αυτά τα στοιχεία, αν και σε μικρές ποσότητες αφού έχουν απομακρυνθεί τα είδη που προκαλούν αυτή τη μόλυνση.

Σε μικρές ποσότητες, πολλά απ' αυτά τα μέταλλα (π.χ. βάριο, ψευδάργυρος, νικέλιο, χαλκός) βοηθούν στην ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο, σε μεγαλύτερες ποσότητες μπορεί να επιβραδύνουν την ανάπτυξή τους. Άλλα στοιχεία (π.χ. αρσενικό, κάδμιο, μόλυβδος, υδράργυρος) είναι επιβλαβή για τους οργανισμούς που αναπτύσσονται στο έδαφος και τα ζώα όπως και για τον άνθρωπο αν καταναλώσει μολυσμένα, με αυτά τα στοιχεία, φυτά.

Η επίδραση των μετάλλων στην ανάπτυξη των φυτών (όταν έχει προστεθεί στο έδαφος κόμποστ) δεν εξαρτάται μόνο από την συγκέντρωση των μετάλλων, αλλά και από ιδιότητες του εδάφους, όπως το pH, η περιεκτικότητα σε οργανικά και η ιοντοεναλλακτική ικανότητα. Επίσης τα διάφορα είδη φυτών αντιδρούν διαφορετικά στην παρουσία των μετάλλων.

Η ευρωπαϊκή και διεθνής νομοθεσία προβλέπει οριακές τιμές συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων (PTEs) τόσο στο κόμποστ όσο και στο έδαφος, προκειμένου για την προστασία του εδάφους.

6.1.1 Κάδμιο, Μόλυβδος και Υδράργυρος

Το Κάδμιο, ο Μόλυβδος και ο Υδράργυρος είναι επιβλαβή για την υγεία των ζώων και του ανθρώπου ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις, γι' αυτό πρέπει να γίνεται εξονυχιστικός έλεγχος πριν χρησιμοποιηθεί MSW κόμποστ για γεωργικούς σκοπούς.

Κάδμιο: Το pH του εδάφους είναι ο βασικότερος παράγοντας που καθορίζει τη διαθεσιμότητά του καδμίου. Επηρεάζει τη σταθερότητα και τη διαλυτότητα των συμπλόκων του καδμίου, όπως επίσης και τους μηχανισμούς προσρόφησής του. Όσο πιο όξινο είναι το pH του εδάφους τόσο πιο κινητικό γίνεται το κάδμιο και άρα μπορεί να απορροφηθεί πιο εύκολα από τα φυτά, αλλά και να διαχυθεί προς το έδαφος.

Μόλυβδος: Τα φυτά απορροφούν μόνο μικρό ποσοστό του μόλυβδου απ' το έδαφος. Επίσης υπάρχουν ενδείξεις ότι MSW κόμποστ μπορούν να μειώσουν την απορρόφηση του μόλυβδου απ' τα φυτά, αυτό γίνεται γιατί η οργανική ουσία στο κόμποστ δεσμεύει το μόλυβδο και μειώνει την διαθεσιμότητά του για τα φυτά. Η χρησιμοποίηση του κόμποστ όμως θα αυξήσει την περιεκτικότητα σε μόλυβδο των μη μολυσμένων εδαφών. Αυτό αποτελεί κίνδυνο για τους οργανισμούς που προσλαμβάνουν απευθείας σαν τροφή το χώμα.

Ο μόλυβδος δεν είναι ιδιαίτερα κινητικός στο έδαφος. Το pH του εδάφους, η περιεκτικότητα σε χουμικά οξέα και το ποσοστό της οργανικής ύλης επηρεάζουν την περιεκτικότητα και την κινητικότητα του μόλυβδου στο έδαφος. Οι όξινες συνθήκες ευνοούν τη διαλυτότητα του στο έδαφος. [19]

Υδράργυρος: Η συγκέντρωση του υδραργύρου στο MSW κόμποστ είναι συνήθως πολύ μικρή και άρα υπάρχει μικρή πιθανότητα να απορροφηθούν σημαντικές ποσότητες απ' τα φυτά.

6.1.2 Αρσενικό, Χρώμιο, Χαλκός, Νικέλιο και Ψευδάργυρος

Το Αρσενικό, το Χρώμιο, ο Χαλκός, το Νικέλιο και ο Ψευδάργυρος είναι πιο δύσκολο να προκαλέσουν προβλήματα στα φυτά, τα ζώα ή τον άνθρωπο αρχικά γιατί βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο MSW κόμποστ, αλλά και γιατί δεν απορροφώνται άμεσα απ' τα φυτά.

Αρσενικό: Αν και είναι τοξικό για τα ζώα και τον άνθρωπο, δεν απορροφάται άμεσα απ' τα φυτά.

Χρώμιο: Εμφανίζεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο MSW κόμποστ. Επίσης εμφανίζεται σε μορφή που δεν απορροφάται άμεσα απ' τα φυτά.

Χαλκός: Η οργανική ύλη στο κόμποστ δεσμεύει το χαλκό και μειώνει τη διαθεσιμότητά του για τα φυτά.

Νικέλιο: Εμφανίζεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο MSW κόμποστ και αν τοξικό για τα φυτά δεν είναι πιθανό να επιβραδύνει την ανάπτυξη του φυτού όταν χρησιμοποιηθεί κόμποστ.

Ψευδάργυρος: Ο ψευδάργυρος στο MSW κόμποστ μπορεί να αποδειχθεί ωφέλιμο σε εδάφη ανεπαρκή σε ψευδάργυρο. [19]

6.2 Οι οργανικές ουσίες (Organic Pollutants, OPs)

Η μόλυνση απ' τις οργανικές ουσίες προέρχεται από τις διάφορες δραστηριότητες του ανθρώπου : βιομηχανία, μεταφορές, φυτοφάρμακα κα.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός επικίνδυνων και επιβλαβών ουσιών. Τα χλωριωμένα φυτοφάρμακα (chlorinated pesticides), polychlorinated biphenyls (PCB), οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH), polychlorinated dibenzodioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) θεωρούνται απ' τις πιο επικίνδυνες γιατί παρουσιάζουν μεγάλη σταθερότητα και τοξικότητα. Χρησιμοποιώντας τα, άμεσα ή έμμεσα, καταλήγουν στο περιβάλλον και μέσω της

μεταφοράς τους απ' τα υγρά ή στερεά απόβλητα ή τον αέρα μολύνουν τα εδάφη, τα φυτά και τις τροφές και συνεπώς και τις πρώτες ύλες για την παραγωγή κόμποστ.

Σε κάποιες χώρες (Δανία, Λουξεμβούργο, Αυστρία) η νομοθεσία προβλέπει οριακές τιμές για τέτοιες χημικές ουσίες στο κόμποστ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

7.1 Γενικά για τα συστήματα κομποστοποίησης

Το ενδιαφέρον για την κομποστοποίηση οργανικών αποβλήτων γίνεται ολοένα και πιο έντονο και νέα συστήματα προτείνονται με αυξανόμενο ρυθμό. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια αναφορά στα συστήματα κομποστοποίησης που αναγράφονται στην βιβλιογραφία γενικότερα από τα πρώτα βήματα παραγωγής compost μέχρι τις μέρες μας.

Η ταξινόμηση των συστημάτων κομποστοποίησης γίνεται με βάση διάφορα κριτήρια. Με προσέγγιση από πλευράς χημικής μηχανικής η ταξινόμηση των συστημάτων κομποστοποίησης γίνεται με κριτήρια, τους μηχανισμούς «ροής» του στερεού, τις μόνιμες συνθήκες στον αντιδραστήρα και τον τρόπο παροχής του αέρα. Ο πιο βασικός διαχωρισμός είναι μεταξύ των συστημάτων εκείνων στα οποία το προς κομποστοποίηση υλικό τοποθετείται σε αντιδραστήρα ή όχι και τα μικτά συστήματα. Συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν αντιδραστήρες ονομάζονται «μηχανικά», «κλειστά» ή «κλειστού δοχείου» ενώ εκείνα που δεν χρησιμοποιούν αντιδραστήρες ονομάζονται «ανοικτά» συστήματα. Ο ορισμός ορισμένων συστημάτων ως «μηχανικά» δεν είναι ακριβής αφού όλα τα μοντέρνα συστήματα κομποστοποίησης είναι μηχανικά μέχρι ενός σημείου. Κάποια συστήματα έχουν κινητό εξοπλισμό ενώ κάποια άλλα χρησιμοποιούν σταθερούς αντιδραστήρες και συστήματα μεταφοράς.

Τα διάφορα συστήματα κομποστοποίησης που αναπτύχθηκαν για κομποστοποίηση λάσπης ή άλλων οργανικών ουσιών ταξινομούνται σύμφωνα με την παρακάτω ακολουθία. Όλα τα συστήματα έχουν τα πλεονεκτήματά τους και τα μειονεκτήματά τους. Τα συστήματα με αντιδραστήρα ίσως παρέχουν μεγαλύτερο έλεγχο όσο αφορά περιβαλλοντικά προβλήματα που πιθανόν εμφανίζουν κατά την κομποστοποίηση (όπως εκπομπή οσμών, σκόνη κ.τ.λ.), όμως τα συστήματα αυτά έχουν υψηλότερο κόστος. Γενικά, συστήματα τα οποία μπορούν να συνδυάσουν ανάδευση και εξαναγκασμένο αερισμό του υλικού, θεωρούνται ότι έχουν την μεγαλύτερη λειτουργική ευελιξία. Όμως στα συστήματα στατικής αεριζόμενης σωρού, όπου

γίνεται χρήση χοντροειδών υλικών εξασφαλίζεται κανονική ροή αέρα και μειώνει την ανάγκη αναστροφής του υλικού. [19]

Ταξινόμηση διαφορών συστημάτων:

1. Συστήματα χωρίς αντιδραστήρα (ανοικτά συστήματα)
 - A. Συστήματα με ανάδευση/σύστημα γραμμικής σωρού
 - i. Φυσικός ή
 - ii. Τεχνητός αερισμός
 - B. Συστήματα στατικής σωρού
 - i. Τεχνητός αερισμός του υλικού (σύστημα στατικής αεριζόμενης σωρού)
 - ii. Φυσικός αερισμός

2. Συστήματα με αντιδραστήρες κάθετης ροής
 - A. Με ανάδευση
 - B. Χωρίς ανάδευση του υλικού με
 - i. Συνεχή ή ημισυνεχή τροφοδοσία
 - ii. Αρχική φόρτωση του αντιδραστήρα (αντιδραστήρες διαλείποντος έργου)

3. Συστήματα με αντιδραστήρες οριζόντιας ροής υπό κλίση
 - A. Συστήματα περιστρεφόμενου τύμπανου
 - i. Διασπειρόμενης ροής
 - ii. Κελιά σε σειρά
 - iii. Πλήρους ανάμειξης
 - B. Συστήματα με αναδευτήρα (αντιδραστήρες τύπου δοχείου)

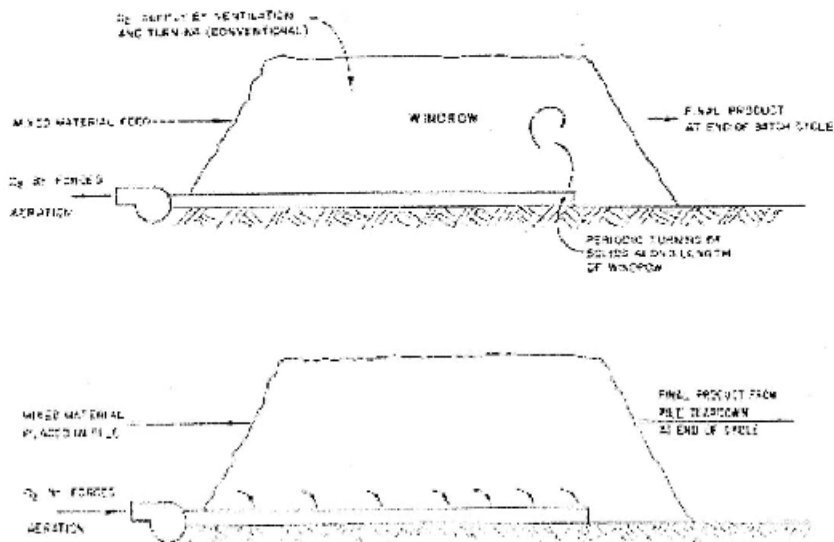
4. Μικτά Συστήματα

7.2 Συστήματα κομποστοποίησης χωρίς αντιδραστήρα

Τα συστήματα χωρίς αντιδραστήρα όπως φαίνονται στο Σχήμα 7.1, χωρίζονται σε εκείνα τα οποία διαθέτουν σύστημα αναταραχής του στερεού υλικού και σε εκείνα που είναι στατικά. Με την έννοια σύστημα αναταραχής στρώματος εννοούμε ότι το μείγμα που κομποστοποιείται, διαταράσσεται ή διασπάται κατά τη διάρκεια του κύκλου κομποστοποίησης. Αυτό επιτυγχάνεται με περιοδική ανάδευση, ανακάτεμα ή με άλλες μεθόδους αναταραχής του στερεού. Πρέπει να τονίσουμε ότι αναταραχή του στερεού δε σημαίνει ανάμειξη. Αν ένα μείγμα είναι καλά αναμειγμένο σημαίνει ότι υπάρχει καλή διασπορά των συστατικών σε όλο τον όγκο του στερεού δηλαδή ομογενοποίηση του υλικού κάτι το οποίο είναι αποτέλεσμα της αναταραχής που προκαλείται στο σύστημα. Σε ένα πλήρως αναμειγμένο σύστημα δεν παρατηρούνται βαθμίδες συγκέντρωσης στον όγκο του υλικού. Έτσι το compost που αποσύρεται από το σύστημα έχει τα ίδια χαρακτηριστικά που είχε το υλικό στο σύστημα. Ένα σύστημα για να είναι καλά αναμειγμένο απαιτείται αναταραχή με κάποιο τρόπο, όμως σε ένα σύστημα με καλή αναταραχή δεν εξασφαλίζεται καλή ανάμειξη. Στην πραγματικότητα σε συστήματα με αναταραχή γίνεται πολύ λίγη ή και καθόλου ανάμειξη.

Ένα παράδειγμα συστήματος χωρίς αντιδραστήρα με αναταραχή χωρίς αντιδραστήρα με αναταραχή του στερεού υλικού είναι το σύστημα γραμμικής σωρού (windrow system). Το αναμειγμένο υλικό κομποστοποίησης τοποθετείται σε σωρούς ανακατεύεται περιοδικά με κατάλληλο μηχανολογικό μηχανισμό. Το ύψος, το πλάτος και το σχήμα των γραμμικών σωρών εξαρτάται από τη φύση του θρεπτικού υλικού και από τη φύση του θρεπτικού υλικού και από τον τύπο του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται με ανάδευση. Το οξυγόνο παρέχεται με την εναλλαγή αερίων κατά τη διάρκεια της αναστροφής του υλικού και με φυσικό αερισμό, ο οποίος οφείλεται στη τάση των ζεστών αερίων να ανέρχονται στο πάνω μέρος των σωρών. Επίσης, η μεταφορά οξυγόνου στη σωρό βοηθείται με τεχνητό ή επαγόμενο αερισμό. Και στις δύο περιπτώσεις γίνεται περιοδική ανάδευση της σωρού για την αναδόμηση της. Ως αποτέλεσμα αναμένεται μια σημαντική ανάμειξη κατά το ύψος και το πλάτος της σωρού αλλά όχι το μήκος της. [17], [19], [29]

Δύο στατικά συστήματα κομποστοποίησης μπορούν να οριστούν σύμφωνα με τη μέθοδο αερισμού. Το πρώτο χρησιμοποιεί εξαναγκασμένο αερισμό και είναι τυποποιημένη ως μέθοδος στατικής αεριζόμενης σωρού η οποία θα περιγραφεί στη συνέχεια. Το δεύτερο βασίζεται στο φυσικό αερισμό και διάχυση οξυγόνου. Και στα δύο, δεν έχουμε ανάδευση του στερεού υλικού κατά τη διάρκεια του κύκλου κομποστοποίησης και οι σωροί είναι διαμορφωμένοι από την αρχή της διεργασίας.



Σχήμα 7.1 Συστήματα κομποστοποίησης χωρίς αντιδραστήρα

7.3. Συστήματα κομποστοποίησης με αντιδραστήρα

Τα συστήματα με αντιδραστήρα διακρίνονται σε συστήματα με αντιδραστήρες κάθετης ροής ή σε συστήματα με αντιδραστήρες υπό κλίση. (Επίσης οι αντιδραστήρες κάθετης ροής διακρίνονται ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στον αντιδραστήρα.) Στα συστήματα όπως αυτά του Σχήματος 7.2 (α), το υλικό που τοποθετείτε στον αντιδραστήρα αναδεύεται κατά τη μεταφορά από την κορυφή στο κάτω μέρος του αντιδραστήρα και ονομάζονται αντιδραστήρες με ανάδευση (moving

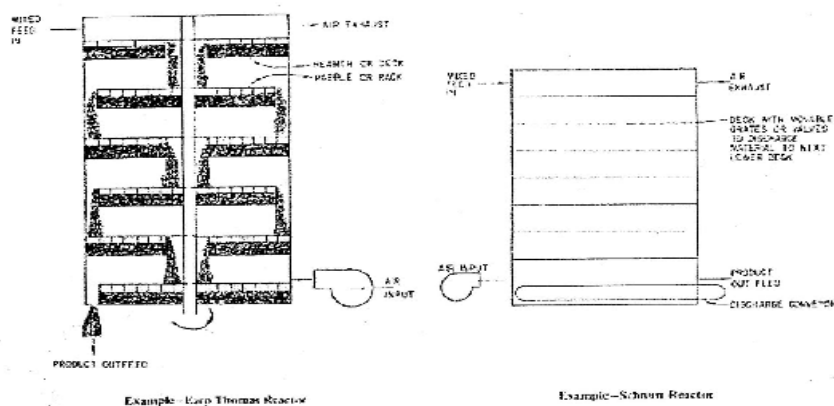
agitated bed reactors). Σε αυτούς τους αντιδραστήρες η τροφοδοσία μπορεί να είναι είτε συνεχής είτε ημισυνεχής. Σε άλλα συστήματα με αντιδραστήρα το υλικό κομποστοποίησης καταλαμβάνει όλο τον όγκο του αντιδραστήρα και δεν αναδεύεται κατά την διάρκεια της παραμονής του στον αντιδραστήρα. Οι αντιδραστήρες αυτοί χαρακτηρίζονται ως αντιδραστήρες χωρίς ανάδευση (moving packed bed reactor). Τέτοια συστήματα απεικονίζονται στο Σχήμα 7.2 (β). Η τροφοδοσία αυτών των αντιδραστήρων, μπορεί να είναι συνεχής ή ημισυνεχής. Στο σύστημα του Σχήματος 7.2 (β1) (Eurama process) το υλικό κομποστοποίησης μεταφέρεται από το κάτω στο πάνω μέρος του αντιδραστήρα μέσω του παράπλευρου αγωγού, όπου το υλικό αναδεύεται μερικώς.

Όμως, όταν το υλικό φτάσει στο πάνω μέρος του αντιδραστήρα, η ανάδευση σταματά μέχρις ότου το υλικό φτάσει στο πυθμένα του αντιδραστήρα και περάσει ξανά στον παράπλευρο αγωγό. Έτσι σε αυτό το σύστημα επιτυγχάνεται περιοδική ανάδευση χωρίς να υπάρχει μηχανισμός ανάδευσης στον ίδιο τον αντιδραστήρα. Οι αντιδραστήρες οριζόντιας ροής και οι αντιδραστήρες υπό κλίση διαχωρίζονται σε εκείνους με περιστρεφόμενο τύμπανο (tumbling solids bed reactors) και σε εκείνους που αποτελούνται από δοχεία σε διάφορα σχήματα με διάφορες μεθόδους ανάδευσης. Ανάλογα με τη ροή του υλικού στον αντιδραστήρα διακρίνονται τρεις τύποι αντιδραστήρων με περιστρεφόμενο τύμπανο. Στην περίπτωση όπου η είσοδος και έξοδος του υλικού, προς και από τον αντιδραστήρα, βρίσκονται απέναντι επιτυγχάνεται μια μόνιμη ροή χωρίς όμως καλό αποτέλεσμα ανάμειξης του υλικού στο περιστρεφόμενο τύμπανο.

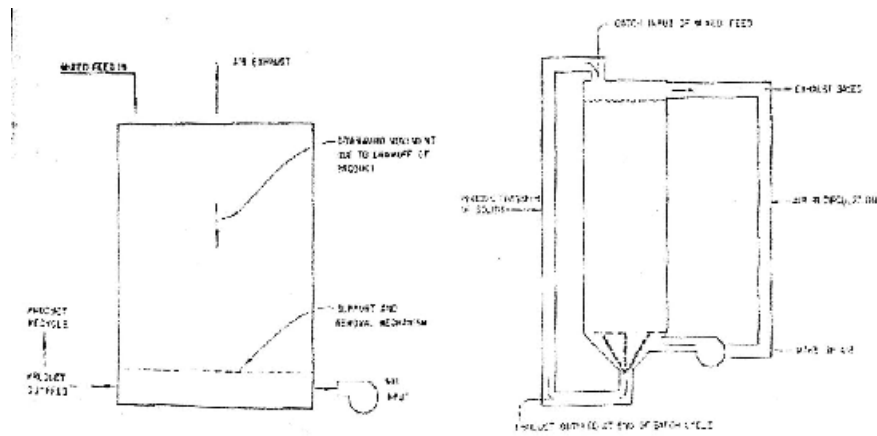
Για καλύτερη ανάμειξη του υλικού στον αντιδραστήρα (ομογενοποίηση του υλικού) το τύμπανο αποτελείται από έναν αριθμό κελιών σε σειρά. Έτσι κάθε κελί καθώς αδειάζει, τροφοδοτεί το επόμενο στη σειρά (Σχήμα 7.3). Κάθε φορά που το πρώτο κελί αδειάζει επανατροφοδοτείται, επιτυγχάνοντας έτσι μία ημιδιαλείπουσα λειτουργία του συστήματος στο οποίο ο αντιδραστήρας μπορεί να θεωρηθεί ως ένας αριθμός κελιών καλής ανάμειξης. Στη τελευταία περίπτωση γίνεται μια προσπάθεια πλήρους ανάμειξης των συστατικών στο τύμπανο με σκοπό την παραγωγή ομογενοποιημένου κόμποστ. Αυτό απαιτεί μια ομοιομορφία του υλικού κατά την είσοδο, κατά μήκος και κατά την έξοδο από τον αντιδραστήρα. Αν η παροχή στην

είσοδο και στην έξοδο του αντιδραστήρα είναι συνεχής τότε ο χρόνος που απαιτείται για να εξέλθει το υλικό από αυτόν, είναι μικρότερός από τον θεωρητικό χρόνο παραμονής στον αντιδραστήρα. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται επιπλέον επεξεργασία του υλικού που εξέρχεται από τον αντιδραστήρα ώστε το προϊόν να απαλλαγεί από παθογόνους μικροοργανισμούς. Το πρόβλημα αυτό αποφεύγεται με την ημι-διαλείπουσα λειτουργία του αντιδραστήρα η οποία εξασφαλίζεται με χρήση αντιδραστήρα τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου το οποίο αποτελείται από έναν αριθμό κελιών σε σειρά.

Σε διάφορα συστήματα με αντιδραστήρες τύπου δοχείου (bin reactors) που έχουν αναπτυχθεί αντιδραστήρων γίνεται συνδυασμός τεχνητού αερισμού και ανάδευσης, κάτι που παρέχει στο σύστημα λειτουργική ευελιξία. Αυτοί οι αντιδραστήρες είναι συνήθως ακάλυπτοι στην κορυφή και είναι δυνατό να εγκαθίστανται σε κτίρια ώστε να έχουν καλύτερες συνθήκες λειτουργίας και έλεγχο από τυχόν διαταραχές του συστήματος. Οι αντιδραστήρες αυτοί είναι δυνατό να κατασκευασθούν από φτηνά υλικά όπως τσιμέντο ή τσιμεντότουβλα. Στα συστήματα Fairfield-Hardy και Aerotherm που απεικονίζονται στο Σχήμα 7.3 είναι δυνατή συνεχής ή ημισυνεχής λειτουργία του αντιδραστήρα. Ο αναδευτήρας του συστήματος αυτού (Σχήμα 7.3) αναμειγνύει το υλικό μερικώς καθώς αυτό τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα. Το σύστημα Metro-Waste (Σχήμα 7.3) είναι ένας αντιδραστήρας διαλείποντος ή ημι-διαλείποντος έργου όπου επιτυγχάνεται μικρότερη ανάμειξη του υλικού λόγω του μεγάλου λόγου μήκος προς πλάτος του αντιδραστήρα. [14], [17], [19]

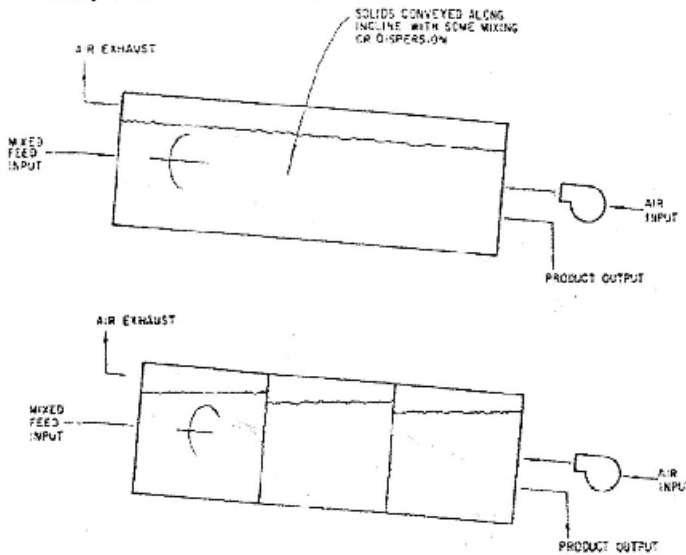


((αα
(α)

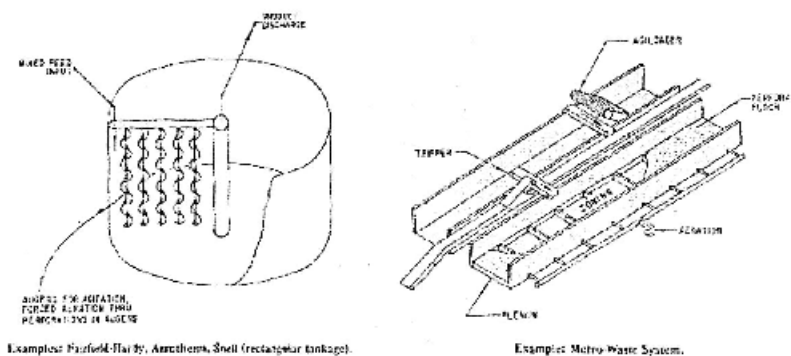


(β)
 Σχήμα 7.2 (α) Συστήματα κομποστοποίησης με αντιδραστήρες κάθετης ροής χωρίς ανάδευση (β)
 Συστήματα κομποστοποίησης με αντιδραστήρες κάθετης ροής

A. Tumbling Solids Bed Reactor (Rotating Drum)—Solids are agitated by nearly constant rotation of a drum and are fed on a continuous or intermittent basis. Forced aeration is usually provided.
 1. Dispersed Flow: Dispersion is provided by constant tumbling action. Example—Dano process.



(α)



(β)
Σχήμα 7.3 (α) Συστήματα κομποστοποίησης με αντιδραστήρες οριζόντιας ροής υπό κλίση **(β)**
 Συστήματα κομποστοποίησης με αντιδραστήρες οριζόντιας ροής με ανάδευση

7.4. Μικτά συστήματα

Πρόκειται για συνδυασμό κλειστών και ανοιχτών συστημάτων. Συνήθως το υλικό παραμένει στο κλειστό σύστημα για 1 – 2 ημέρες και είτε στο ανοιχτό σύστημα με δυναμικές συνθήκες αερισμού περίπου 7 – 6 εβδομάδες είτε στο ανοιχτό μικτό σύστημα αερισμού 5 – 4 εβδομάδες. Πρόκειται για πολύ αποδοτικά συστήματα που δεν προϋποθέτουν απαγορευτικό κόστος επένδυσης και χωρίς να συνεπάγονται απαγορευτικό κόστος λειτουργίας.

7.5 Συστήματα ωρίμανσης

Το κομποστοποιημένο υλικό θα πρέπει να οδηγείται στη μονάδα ωρίμανσης, όπου συμβαίνουν κυρίως διεργασίες χουμποποίησης. Το στάδιο αυτό είναι απαραίτητο προκειμένου το υλικό να αποκτήσει τις ιδιότητες του χουμποποιημένου υλικού και να αποκτήσει, έτσι, γεωργικές εφαρμογές. Το υλικό στο στάδιο αυτό χάνει την ελαφρά δύσοσμη ιδιότητα και αποκτά την ευχάριστη οσμή του humus. Για ικανοποιητική ωρίμανση το υλικό παραμένει περίπου ένα μήνα σχηματίζοντας σωρούς ή σειράδια

ύψους έως και 5 – 6m σε υπόστεγο με περιμετρικό τοιχείο για αντιανεμική προστασία ή σε κλειστό κτήριο. [19]

7.6 Συστήματα εξευγενισμού του compost

Στη μονάδα εξευγενισμού γίνεται ο καθαρισμός του compost από ξένες προσμίξεις. Οι κυριότερες δόκιμες τεχνικές που εφαρμόζονται είναι οι ακόλουθες.

7.6.1. Τεχνικές διαχωρισμού βάσει μεγέθους

Στις τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται τόσο περιστρεφόμενα κόσκινα, που συνήθως τοποθετούνται στην κεφαλή της γραμμής εξευγενισμού, όσο και επίπεδα δονούμενα κόσκινα, που συνήθως τοποθετούνται στο τέλος της γραμμής εξευγενισμού. Τα περιστρεφόμενα κόσκινα χρησιμοποιούνται διαδοχικά, περισσότερα του ενός πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια, με διαφορετικό άνοιγμα οπών. Τα δονούμενα κόσκινα αποτελούνται από την επίπεδη επιφάνεια κοσκίνισης που φέρεται σε χαλύβδινη, συνήθως, μεταλλική φέρουσα κατασκευή. Η δόνηση επιτυγχάνεται με τη χρήση μηχανισμού δόνησης. Κατά το σχεδιασμό των περιστρεφόμενων κόσκινων δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις εξής παραμέτρους:

ü Άνοιγμα οπών:

- Τα πρωτοβάθμια κόσκινα, που τοποθετούνται συνήθως αμέσως μετά τις διατάξεις διάνοιξης σάκων, αποτελούνται συνήθως από δύο τμήματα: Ένα πρώτο τμήμα με άνοιγμα οπών Φ 15-20mm, με το οποίο απομακρύνονται ως άχρηστα όλα τα λεπτόκοκα υλικά, που περιέχουν αποδεδειγμένα βαρέα μέταλλα και ένα δεύτερο τμήμα με άνοιγμα οπών Φ 250-300mm με το οποίο απομακρύνονται, συνήθως για περαιτέρω επεξεργασία, τα μεγάλα μεγέθους απορρίμματα.
- Τα δευτεροβάθμια κόσκινα έχουν συνήθως άνοιγμα οπών Φ 60-120mm και χρησιμεύουν για το διαχωρισμό και ανάκτηση δύο κυρίων ρευμάτων: των μικρότερων μεγέθους συστατικών που θα αποτελεί το κύριο ρεύμα, το οποίο συνήθως έπειτα από εμπλουτισμό αποτελεί το προς κομποστοποίηση κλάσμα και των μεγαλύτερου μεγέθους, το οποίο έπειτα από εμπλουτισμό αποτελεί το ελαφρύ κλάσμα.

- Τα τριτοβάθμια κόσκινα έχουν συνήθως άνοιγμα οπών 30-60mm και χρησιμεύουν για τον εμπλουτισμό σε βιοαποδομήσιμα συστατικά των ρευμάτων προς κομποστοποίηση.

ü Ειδική επιφάνεια κοσκίνησης:

Κατά το σχεδιασμό των κόσκινων θα πρέπει να υπολογίζεται η κρίσιμη ειδική επιφάνεια φόρτισης και η κατασκευή θα πρέπει να διαθέτει τις απαραίτητες αντοχές.

ü Δυναμικότητα:

Κατά το σχεδιασμό των κόσκινων λαμβάνεται υπόψη το αντίστοιχο ισοζύγιο μάζας και η κατασκευή διαθέτει τις απαραίτητες αντοχές.

ü Ταχύτατη περιστροφή:

Σε όλα τα περιστρεφόμενα κόσκινα υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής. Για τις μεγάλης δυναμικότητας εγκαταστάσεις επιθυμητό είναι η μεταβολή αυτή να γίνεται με αυτοματισμό.

ü Κλίση:

Σε όλα τα περιστρεφόμενα κόσκινα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής της κλίσης. Για μεγάλες εγκαταστάσεις είναι καλό αυτή η μεταβολή να γίνεται με αυτοματισμούς. Με εφαρμογή κινητήρων διασφαλίζονται τα τύμπανα από πιθανή στρέψη. Οι κινητήρες πρέπει να διαθέτουν IP για προστασία από υγρασία και σκόνη. Τα κόσκινα πρέπει να διαθέτουν σύστημα καθαρισμού οπών.

Κατά το σχεδιασμό των δονούμενων κόσκινων δίνεται έμφαση σε όλες τις παραμέτρους που αναφέραμε εκτός από την ταχύτητα περιστροφής. [19]

7.6.2. Τεχνικές συνδυασμού βαλλιστικού διαχωρισμού και αεροδιαχωρισμού

Οι διατάξεις αυτές είναι συνήθως βαρυμετρικές τράπεζες τύπου δονούμενης τράπεζας ρευστοποίησης. Η ρευστοποίηση του υλικού γίνεται μέσω κεκλιμένης δονούμενης τράπεζας και ταυτόχρονης εμφύσησης αέρα. Συνδυάζεται με κυκλώνα, όπου γίνεται ο διαχωρισμός των ελαφρών και σκόνης καθώς και των πολύ λεπτόκοκκων βαρέων. Κάθε σύστημα περιλαμβάνει: δονούμενη τράπεζα, μεταλλική διάταξη στήριξης, μηχανισμό παλινδρομικής κίνησης, ανεμιστήρα ρευστοποίησης,

κυκλώνα και ανεμιστήρα αναρρόφησης. Επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του υλικού σε τέσσερα κλάσματα:

- ü Εξευγενισμένο compost
- ü Βαρύ κλάσμα
- ü Ελαφρύ κλάσμα
- ü Πολύ λεπτόκοκκο βαρύ κλάσμα (που διαπερνά τις οπές της τράπεζας ρευστοποίησης)

Η απόδοση του διαχωρισμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστή και ομοιόμορφη κατανομή του υλικού στην επιφάνεια της τράπεζας, έτσι ώστε να δημιουργείται μια ομοιόμορφη στρώση του υλικού, την οποία διαπερνά ο αέρας ρευστοποίησης.

7.6.3. Τεχνικές μαγνητικού διαχωρισμού

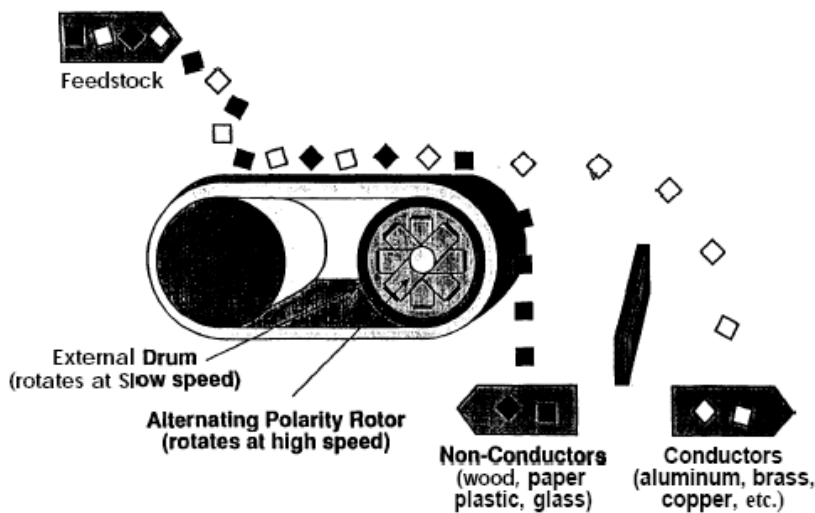
Με τις τεχνικές αυτές επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός και η ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων και συμβάλλουν στον περαιτέρω εξευγενισμό του compost. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τόσο μόνιμοι μαγνήτες όσο και ηλεκτρομαγνήτες. Οι μόνιμοι μαγνήτες έχουν ομοιογενές μαγνητικό πεδίο κατά μήκος της επιφάνειας μαγνήτισης και λειτουργούν χωρίς κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ηλεκτρομαγνήτες επιτυγχάνουν ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο, αλλά δεν εξασφαλίζουν ομοιογένεια στο εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο. Κατά το σχεδιασμό υπολογίζεται η δυνατότητα ανάκτησης του μαγνήτη (kg/h), ώστε να ανταποκρίνεται στα περιεχόμενα σιδηρούχα μέταλλα στα απορρίμματα (%κ.β.). Πρέπει, επίσης, η δυναμικότητα (tn/h) να εξασφαλίζει την τροφοδοσία (βάσει του ισοζυγίου μάζας) με επιπλέον μικρές ανοχές.

[28]

7.6.4. Τεχνικές επαγωγικών ρευμάτων (Eddy Current)

Με τις τεχνικές αυτές επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός και η ανάκτηση του αλουμινίου και συμβάλλουν, επίσης, στον περαιτέρω εξευγενισμό του compost. Ο διαχωριστής (Σχήμα 7.4) αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο ρότορα κατασκευασμένο από φυσικό μόνιμο μαγνήτη, που περιστρέφεται με ταχύτητα μέσα σε ένα μεταλλικό τύμπανο. Η σειρά περιστροφής ρότορα και τυμπάνου είναι κοινή. Το τύμπανο λειτουργεί και ως τερματική τροχαλία κίνησης της ταινίας και μεταφέρει τα υλικά

προς διαχωρισμό. Ο διαχωριστής διαθέτει δονητικό τροφοδότη. Η λειτουργία στηρίζεται στην αρχή των επαγωγικών μαγνητικών πεδίων, που δημιουργούνται εξαιτίας του εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου που επιφέρει η κίνηση ενός φυσικού μαγνήτη επάνω από ένα αγωγό. Οι διατάξεις αυτές θα πρέπει να τοποθετούνται οπωσδήποτε εφόσον έχουν προηγηθεί διατάξεις ανάκτησης σιδηρούχων μετάλλων. Κατά το σχεδιασμό πρέπει να υπολογίζεται η δυναμικότητα που θα εξασφαλίζει την τροφοδοσία (βάσει ισοζυγίου μάζας) με επιπλέον μικρές ανοχές. [27]



Source: Richard, 1992.

Σχήμα 7.4 Σύστημα επαγωγικών ρευμάτων

7.7 Συστήματα κομποστοποίησης λάσπης

7.7.1 Γενικά για την κομποστοποίηση λάσπης

Είναι γνωστό πως τα υδρόβια υποστρώματα είναι δύσκολο να κομποστοποιηθούν από μόνα τους λόγω της υψηλής υγρασίας. Όταν η ιλύς έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νερό η κομποστοποίησή της είναι δύσκολη έως ανέφικτη. Αυτό οφείλεται στην υψηλή υγρασία της λάσπης η οποία μειώνει το πορώδες του υλικού και έτσι παρεμποδίζεται η μεταφορά οξυγόνου στη μάζα του προς κομποστοποίηση υλικού

εκτός εάν υπάρχει συνεχόμενη και έντονη ανάδευση. Εξαιρέση, λοιπόν, αποτελούν οι μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις όπου μπορεί να εφαρμοστεί σταθερή ανάμειξη.

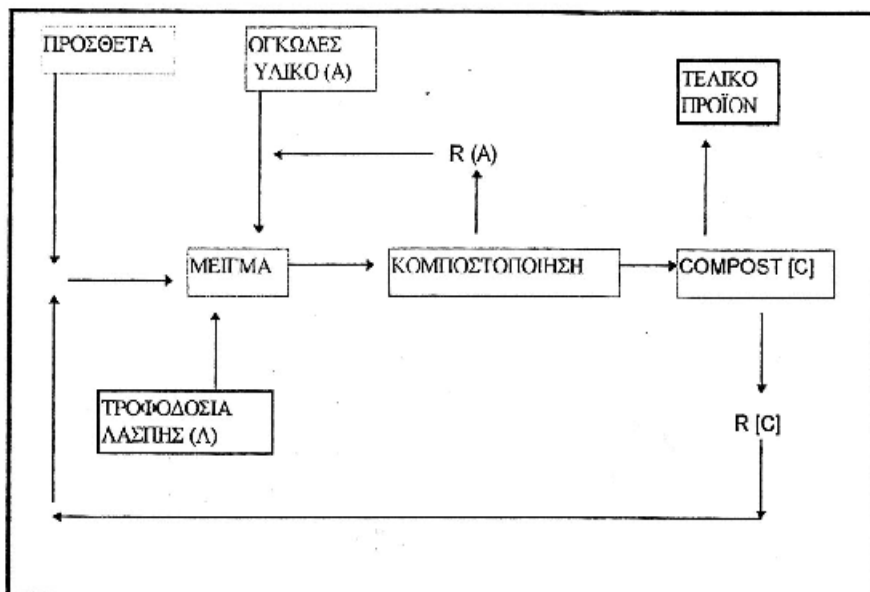
Έχουν χρησιμοποιηθεί τρεις προσεγγίσεις ώστε να ξεπεραστεί το πρόβλημα της μεταφοράς. Οι προσεγγίσεις αυτές είναι:

- 1) Ανακύκλωση του compost και ανάδευση του με λάσπη πριν την κομποστοποίηση (η προσέγγιση αυτή συχνά αναφέρεται μόνο ως λάσπη χωρίς οποιαδήποτε τροποποίηση).
- 2) Προσθήκη οργανικών, κυρίως οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων (MSW).
- 3) Προσθήκη χονδροειδών ουσιών όπως κομμάτια ξύλου, τα οποία απομακρύνονται με κοσκίνισμα του παραγόμενου compost.

Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που παρουσιάζονται λόγω της υψηλής υγρασίας της λάσπης όλα τα συστήματα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν είτε προϊόν ανακύκλωσης, είτε τροποποιητικά, είτε χοντροειδή πρόσθετα.

Τα **τροποποιητικά** αναφέρονται σε οργανικές ουσίες οι οποίες προστίθενται στο θρεπτικό υπόστρωμα, κυρίως για μείωση της πυκνότητας και αύξηση του πορώδους του υλικού ώστε να επιτυγχάνεται ο κατάλληλος αερισμός του. Επίσης τα τροποποιητικά χρησιμοποιούνται για την αύξηση των αποδομήσιμων οργανικών στο μείγμα. Τροποποιητικά τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί είναι πριονίδι, άχυρο, τύρφη, φλούδες ρυζιού, κοπριά, στερεά απόβλητα όπως αστικά και φυτικά απορρίμματα (π.χ. κλαδέματα).

Χοντροειδή πρόσθετα (bulking agent) είναι ουσίες, οργανικές ή ανόργανες, οι οποίες προστίθενται στη λάσπη ενισχύοντας τη δομή του υλικού αυξάνοντας το πορώδες του. Οι ουσίες αυτές σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο πλέγμα σωματιδίων. Αν οι ουσίες αυτές είναι οργανικά, τότε αύξηση της ποσότητας των αποδομήσιμων οργανικών μπορεί να θεωρηθεί ως ένα δευτερεύων πλεονέκτημα. Οι ουσίες οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί ως χονδροειδή πρόσθετα είναι κυρίως κομμάτια ξύλου.

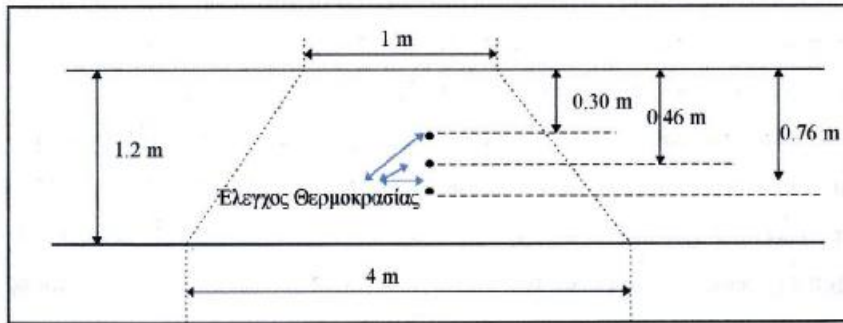


Σχήμα 7.5 Γενικό διάγραμμα κομποστοποίησης ιλύος

7.7.2 Συστήματα κομποστοποίησης ιλύος χωρίς αντιδραστήρα

[Συστήματα γραμμικής σωρού (Windrow systems)

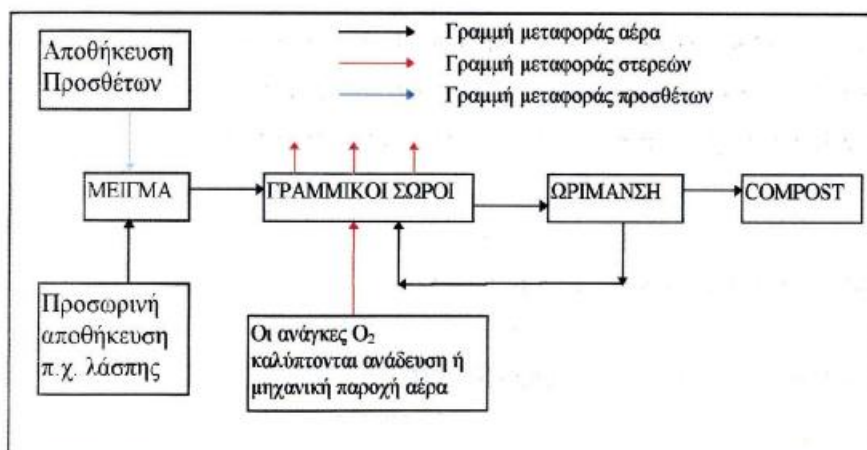
Η κομποστοποίηση με γραμμικές σωρούς αποτελεί το αρχαιότερο σύστημα κομποστοποίησης λάσπης. Από το 1972 το Los Angeles County Sanitation Districts χρησιμοποιεί το σύστημα αυτό για κομποστοποίηση περίπου 90 τόνων/μέρα περίπου χωνευμένης υγρής λάσπης. Τυπικά, ο χρόνος κομποστοποίησης σε τέτοιου είδους συστήματα είναι 3-4 εβδομάδες. Σε καλές κλιματολογικές συνθήκες κομποστοποίησης, επιτυγχάνεται στερεό compost με περιεκτικότητα 60-70% σε στερεά.



Σχήμα 7.6 Τυπική μορφή μιας γραμμικής σωρού. Το υλικό κομποστοποίησης είναι ένα μείγμα υγρής λάσπης με ανακυκλωμένο ξηρό compost

Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται με επιτυχία για την κομποστοποίηση πολλών οργανικών αποβλήτων. Στα συστήματα αυτά, τα απόβλητα διαμορφώνονται σε σωρούς οι οποίες είναι τοποθετημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν παράλληλες σειρές μεγάλου μήκους (γραμμικές σωροί – windrows). Σε μεγάλα συστήματα χρησιμοποιούνται κατάλληλος κινητός εξοπλισμός προκειμένου να αναδεύονται οι γραμμικές σωροί σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η κάθετη τομή των σωρών αυτών μπορεί να είναι ορθογώνιο, τραπέζιο ή τρίγωνο κάτι που εξαρτάται από το υλικό που κομποστοποιείται και από τον εξοπλισμό που αναδεύει το υλικό. Γενικά τα συστήματα των γραμμικών σωρών είναι χαμηλού κόστους, όμως μπορεί να έχουν δυσάρεστες συνέπειες στο έδαφος. [19]

Στο Σχήμα 7.7 απεικονίζεται ένα διάγραμμα παραγωγής compost σε ένα σύστημα κομποστοποίησης γραμμικής σωρού. Η υγρή λάσπη αποθηκεύεται προσωρινά (temporary storage), ώστε να μην αυξάνεται η υγρασία της κατά τη διάρκεια υγρών καιρικών συνθηκών και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται μερική μετατροπή του υλικού, προτού αρχίσει η βασική διεργασία της κομποστοποίησης. Στη συνέχεια η λάσπη αναμειγνύεται με τα πρόσθετα και το υλικό που προκύπτει αναδεύεται μέχρις ότου επιτευχθεί όσο το δυνατό πιο ομογενοποιημένο μείγμα για κομποστοποίηση το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται σε γραμμικές σωρούς.



Σχήμα 7.7 Διάγραμμα ροής για τα συστήματα γραμμικών σωρών

[Συστήματα αεριζόμενων στατικών σωρών (*Aerated Static Pile systems*)

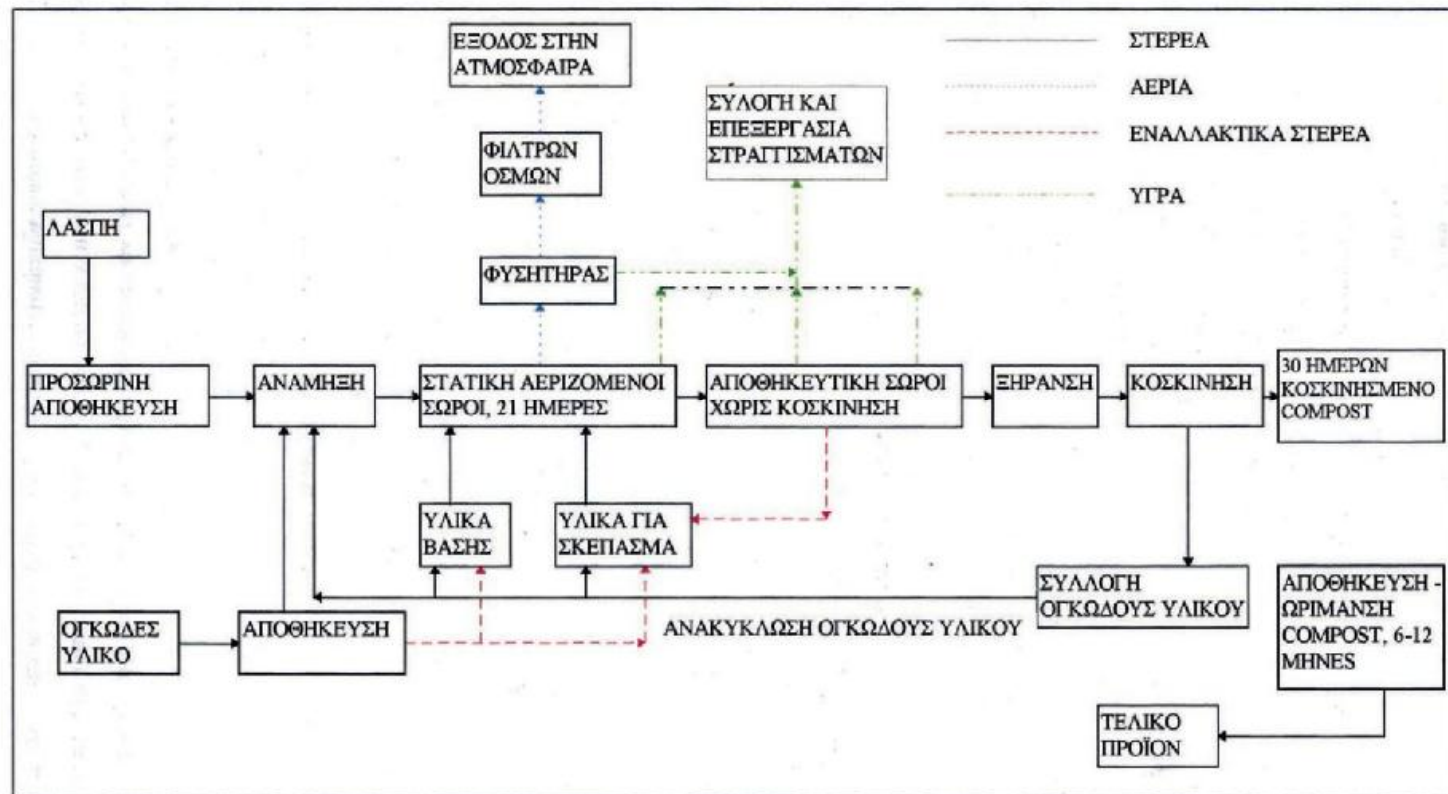
Με το σύστημα αυτό, είναι δυνατή η κομποστοποίηση χωνευμένης ή μη λάσπης. Οι αερόβιες συνθήκες εξασφαλίζονται μηχανικά με τεχνητό αερισμό της σωρού. Σε αντίθεση με τα συστήματα των γραμμικών σωρών, στα συστήματα αεριζόμενης στατικής σωρού, το υλικό κομποστοποίησης δεν αναστρέφεται. Ταυτόχρονα, στα συστήματα γραμμικής σωρού το υλικό με το οποίο αναμειγνύεται η λάσπη είναι χοντροειδής ουσίες, όπως για παράδειγμα πριονίδι, δηλαδή ουσίες οι οποίες απορροφούν την υγρασία, επιτυγχάνοντας έτσι την επιθυμητά αρχική υγρασία για τη διεργασία και οι οποίες ταυτόχρονα αυξάνουν το πορώδες του υλικού. Ο λόγος της λάσπης προς το πριονίδι είναι συνήθως 1/2 ή 1/3 (σε όγκο). Είναι φανερό ότι το μέγεθος και το σχήμα των ουσιών που αναμειγνύονται με τη λάσπη πρέπει να ελέγχεται για να επιτυγχάνεται το επιθυμητό πορώδες και να εξασφαλίζεται καλός αερισμός του υλικού κατά την κομποστοποίηση.

Ο χρόνος που απαιτεί η διεργασία αυτή είναι περίπου 21 μέρες. Μετά το πέρας του χρόνου αυτού η σωρός διαλύεται και το compost, το οποίο επικαλύπτει τη σωρό και η βάση από κομμάτια ξύλου στην οποία είναι τοποθετημένη η σωρός, αποθηκεύονται προσωρινά σε σωρούς. Ακολουθεί ξήρανση του παραγόμενου υλικού, αν απαιτείται και στη συνέχεια κοσκινίζεται. Υλικό υγρασίας < 50% μπορεί να διαχωριστεί σχετικά εύκολα από τα κομμάτια ξύλου με διαταρασόμενα κόσκινα. Ο

διαχωρισμός και η ανάκτηση των χοντροειδών υλικών (πχ κομμάτια ξύλο) είναι απαραίτητος λόγω του μεγάλου τους όγκου και του υψηλού κόστους των υλικών αυτών. Ξηρότερο προϊόν μπορεί να επιτευχθεί με υψηλό αερισμό ή με έκθεση του υλικού στο ανοικτό περιβάλλον.

Το διάγραμμα ροής ενός συστήματος αεριζόμενης στατικής σωρού απεικονίζεται στο Σχήμα 2.8 και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- ◆ Ανάμειξη της λάσπης με χοντροειδή ουσίες (bulking agent)
- ◆ Διαμόρφωση στρώματος από κομμάτια ξύλου ή άλλες χοντροειδής ουσίες όπου πρόκειται να τοποθετηθεί το υλικό και εγκατάσταση σωληνώσεων για τον αερισμό της σωρού.
- ◆ Τοποθέτηση του υλικού σε σωρούς σχετικά μεγάλου ύψους
- ◆ Επικάλυψη της σωρού με κοσκινισμένο ή όχι compost
- ◆ Εγκατάσταση – προσαρμογή φυσητήρα στις σωληνώσεις για τον αερισμό της σωρού.



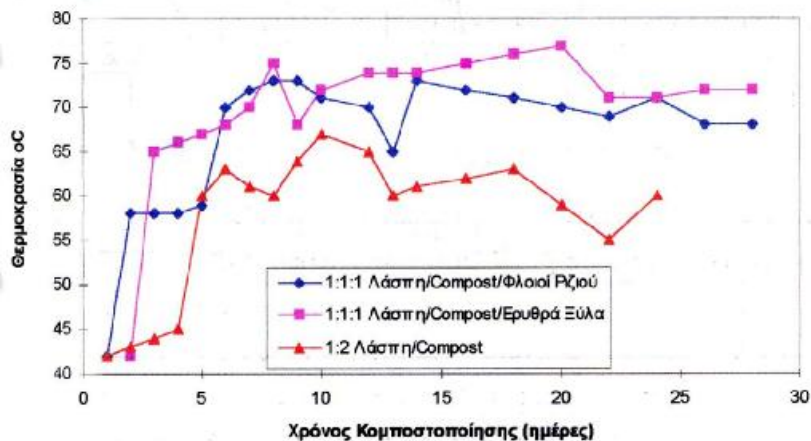
Σχήμα 7.8 Διάγραμμα ροής για κομποστοποίηση σε συστήματα αεριζόμενης στατικής σωρού

Σε ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να συλλέγονται τα στραγγίσματα που δημιουργούνται ώστε να μην διαχέονται στο έδαφος. Επίσης είναι αναγκαία η εγκατάσταση υδατοπαγίδων οι οποίες εγκαθίστανται στις σωληνώσεις για την συλλογή ζεστών αερίων (από υγρασία) τα οποία συμπυκνώνονται. Τα στραγγίσματα και το συμπύκνωμα των ζεστών αερίων που συλλέγονται από τις υδατοπαγίδες, συλλέγονται και επεξεργάζονται μαζί.

Η λειτουργία του φουσητήρα ελέγχεται ώστε να επιτυγχάνονται οι κατάλληλες αερόβιες συνθήκες στη σωρό. Επίσης ο φουσητήρας λειτουργεί κατά διαστήματα για να αποφεύγεται η ανεπιθύμητη ψύξη της σωρού. Ο αέρας ο οποίος εξέρχεται από τη σωρό είναι δυνατό να αποσμηθεί με διάφορες τεχνικές.

Τα ξύλα η οποιαδήποτε άλλα χονδροειδή υλικά που αναμειγνύονται με τη λάσπη αναμένεται ότι θα έχουν κάποια φυσική φθορά αφού στις συνθήκες αυτές μέρος της οργανικής ουσίας διασπάται. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη τη φθορά αυτή, τα πρόσθετα υλικά που επιλέγονται πρέπει να έχουν τέτοιο μέγεθος ώστε μετά την κομποστοποίηση να είναι δυνατός ο διαχωρισμός τους από τη κομποστοποιημένη λάσπη με κοσκίνισμα. Έτσι ορισμένες φορές είναι απαραίτητη η ανανέωση των υλικών αυτών ώστε να ισοσταθμίζεται η απώλεια στο μέγεθός τους.

Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται η μεταβολή της θερμοκρασίας με το χρόνο κομποστοποίησης λάσπης. Γενικά, σε υγρό και ψυχρό περιβάλλον, έχουν παρατηρηθεί καλές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.12, μεταξύ της τρίτης και της πέμπτης ημέρας από τη στιγμή που αρχίζει η κομποστοποίηση, παρατηρείται κατακόρυφη αύξηση της θερμοκρασίας, στη συνέχεια σταθεροποιείται και μετά την πάροδο τριών εβδομάδων μειώνεται. Οι θερμοκρασίες που έχουν καταγραφεί κατά την κομποστοποίηση χωνευμένης λάσπης αναμειγμένη με διάφορα τροποποιητικά (χωρίς χοντροειδή υλικά όπως κομμάτια ξύλου) παρουσιάζουν καλές διακυμάνσεις, όμως δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα αερισμού της σωρού λόγω απουσίας των χοντροειδών υλικών. **[19]**



Σχήμα 7.9 Μεταβολή της θερμοκρασίας με το χρόνο σε σύστημα αεριζόμενης στατικής για κομποστοποίηση λάσπης, αναμειγμένη με διάφορα πρόσθετα

7.7.3 Συστήματα κομποστοποίησης ιλύος με αντιδραστήρα

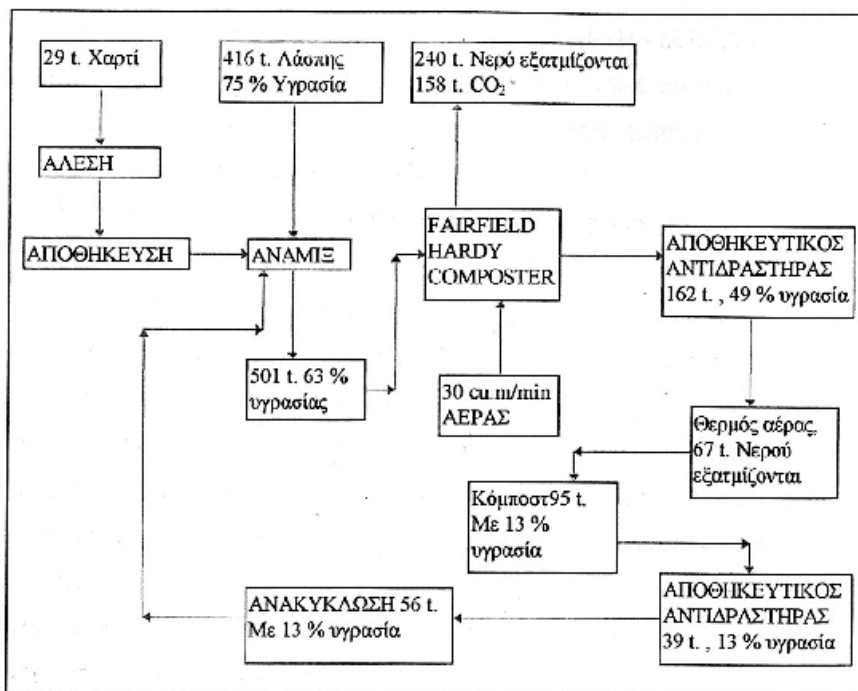
[Αντιδραστήρας Fairfield – Hardy

Στο σύστημα Fairfield – Hardy, υπάρχει μηχανισμός ανάδευσης που αποτελείται από ένα βραχίονα (Σχήμα 8.3(β)) στον οποίο είναι προσαρμοσμένοι ατέρμονοι κοχλίες (κάθετοι στο βραχίονα). Επίσης υπάρχει μηχανισμός για τεχνητό αερισμό του υλικού. Οι κοχλίες του συστήματος ανάδευσης μεταφέρουν το υλικό από τις εξωτερικές επιφάνειες του αντιδραστήρα στο κέντρο από όπου συλλέγετε το υλικό μετά από πάροδο 5,5-6 ημερών. Το compost που συλλέγετε ξηραίνεται μέχρι 13% υγρασία και φυλάσσεται. Για την αύξηση του πορώδους του υλικού μπορούν να χρησιμοποιηθούν κομμάτια από χαρτί χωρίς να έχουμε σημαντική αύξηση του βάρους του μείγματος και γι' αυτό το λόγο αποφεύγεται η χρήση κομματιών ξύλου για ανάμειξη.

Στο Σχήμα 8.10 απεικονίζεται το διάγραμμά ροής για κομποστοποίηση λάσπης σε ένα σύστημα με αντιδραστήρα Fairfield – Hardy. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η εξοικονόμηση στη θερμική ενέργεια που απαιτείται για την ξήρανση του υλικού που πρόκειται να κομποστοποιηθεί σε επιθυμητά επίπεδα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μέσα στον αντιδραστήρα εκλύεται ένα σημαντικό ποσό θερμότητας από την βιολογική αποδόμηση και την διάσπαση των πτητικών στερεών

(VS) κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης. Έτσι κατά την παραμονή του υλικού στον αντιδραστήρα απομακρύνεται ένα σημαντικό ποσοστό της υγρασίας του. Μετά την απομάκρυνση του από τον αντιδραστήρα, το υλικό ξηραίνεται με τη βοήθεια ξηραντήρα.

Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, η μέση θερμοκρασία που επικρατεί στον αντιδραστήρα είναι 67.5 °C. Αρκετά συχνά είναι αναγκαία η παροχή αέρα στον αντιδραστήρα, για μείωση της θερμοκρασίας που σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνει μέχρι και 86 °C.

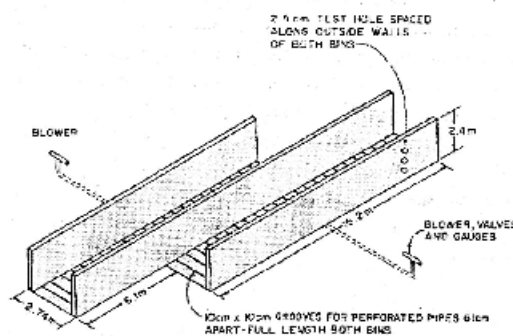


Σχήμα 7.10 Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας για κομποστοποίηση λάσπης σε συστήματα με αντιδραστήρα Fairfield – Hardy

[Συστήματα με αντιδραστήρα τύπου δοχείου (Bin – type composters)

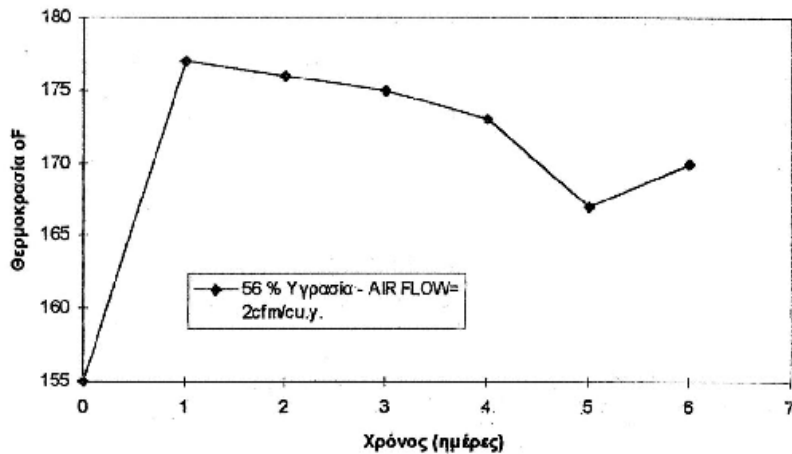
Τα μέρη από τα οποία αποτελείται αυτό το σύστημα, είναι εγκατεστημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά του υλικού από το ένα δοχείο στο άλλο

επιτυγχάνοντας έτσι ανάδευση του υλικού κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης. Ο πυθμένας των δοχείων ήταν εφοδιασμένος με μηχανισμό για εξαναγκασμένο αερισμό του υλικού. Ο μέγιστος ρυθμός αερισμού του υλικού ήταν $6,7\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ κοπριάς. Η μέγιστη πίεση του συστήματος είναι περίπου 15 cm νερού. Στο σύστημα αυτό, ο χρόνος κομποστοποίησης κυμαίνεται από 2 – 7 μέρες με επακόλουθη περίοδο ωρίμανσης 30 ημερών. Ένα τέτοιο σύστημα κομποστοποίησης απεικονίζεται στο Σχήμα 8.11.



Σχήμα 7.11 Αντιδραστήρας τύπου δοχείου για κομποστοποίηση κοπριάς

Η κατανομή της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε στο σύστημα κομποστοποίησης με αντιδραστήρα τύπου δοχείου, σε βέλτιστες συνθήκες παροχής αέρα και υγρασίας φαίνεται στο Σχήμα 7.12. Χαρακτηριστικό ήταν το γεγονός ότι τις πρώτες 24 ώρες παρατηρήθηκε κατακόρυφη αύξηση της θερμοκρασίας. Η ταχύτερη παραγωγή ενός σταθεροποιημένου υλικού παρατηρήθηκε στη θερμοκρασιακή περιοχή $71 - 79\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες (σημειώθηκαν θερμοκρασίες μέχρι και $87\text{ }^{\circ}\text{C}$) το προϊόν αποκτούσε σκούρο χρώμα, άσχημη οσμή και γενικά δεν αποτελούσε το επιθυμητό προϊόν. [14], [19]

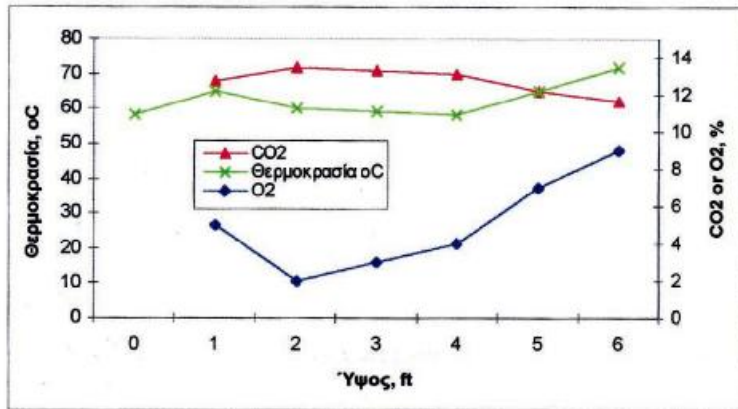


Σχήμα 7.12 Μεταβολή της θερμοκρασίας με το χρόνο σε σύστημα με αντιδραστήρα τύπου δοχείου για κομποστοποίηση κοπριάς

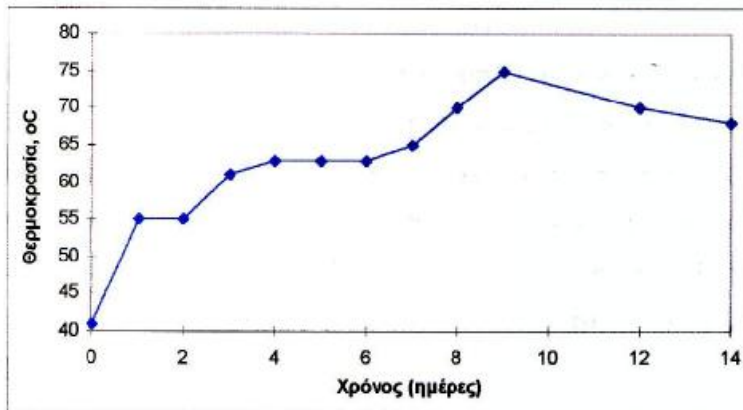
[Αντιδραστήρας Metro – Waste

Στην πραγματικότητα πρόκειται για συνδυασμό δύο αντιδραστήρων (Σχήμα 8.3(β)β). Ο καθένας από τους δύο αντιδραστήρες έχει πλάτος 6m και μήκος 122m. Το σύστημα με αντιδραστήρα τύπου δοχείου, το οποίο αποδείχθηκε επιτυχές στην κομποστοποίηση λάσπης κατασκευάστηκε από την εταιρία Metro – Waste. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού, είναι ο απλός σχεδιασμός του που συνδυάζει την ανάδευση και τον τεχνητό αερισμό του υλικού που πρόκειται να κομποστοποιηθεί. Στο Σχήμα 7.13(α) φαίνεται η κατανομή της θερμοκρασίας και η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου που παρατηρούνται την 5^η ημέρα της κομποστοποίησης και στο Σχήμα 7.13(β) η κατανομή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Ο αερισμός του υλικού στον αντιδραστήρα γίνεται μηχανικά με τη βοήθεια φυσητήρα του οποίου η λειτουργία ρυθμίζεται με χρονοδιακόπτη. Όταν ο φυσητήρας είναι σε λειτουργία η παροχή του αέρα φτάνει τα 11m³/h/m³ του πυθμένα του αντιδραστήρα.



α.



β.

Σχήμα 7.13 Η κατανομή (α) της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου την 5^η ημέρα της κομποστοποίησης και (β) η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Έχει βρεθεί ότι στο σύστημα αυτό, το βέλτιστο ποσοστό των στερεών που αναμειγνύονται με τη λάσπη που πρόκειται να κομποστοποιηθεί (για ταχεία ανύψωση της θερμοκρασίας) είναι κοντά στο 50%.

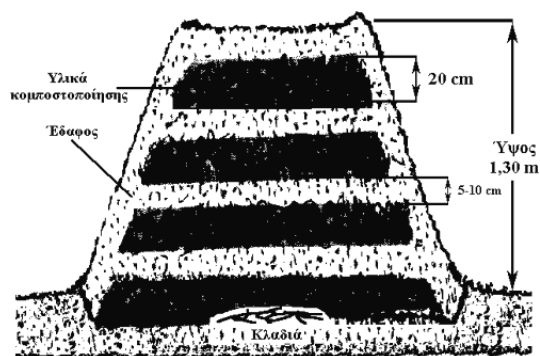
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΤΡΟΠΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ – ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ, ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ & ΟΙΚΙΑΚΗ

8.1 Κομποστοποίηση σε γεωργικό επίπεδο

Σε γεωργικό επίπεδο η διαδικασία της κομποστοποίησης έχει ως εξής: Αφού συγκεντρωθούν τα διάφορα υλικά κομποστοποίησης και τεμαχισθούν τα μεγάλα μεγέθους υλικά, ανοίγεται μια τάφρος βάθους 30 cm περίπου και πλάτους 2 m. Το μήκος της τάφρου εξαρτάται από τον όγκο των υλικών ζύμωσης. Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα φυτικά υπολείμματα (φύλλα, φλοιοί, ρίζες, κ.ά.), τα ζωικά υπολείμματα, τέφρα κάρβουνου, οργανικά μέρη οικιακών υπολειμμάτων, τύρφη και υπολείμματα επεξεργασίας βάμβακος, ζαχαρότευτλων, φρούτων, λαχανικών κλπ.

Στο κέντρο της τάφρου και κατά μήκος τοποθετούνται μερικά από τα χοντρότερα υλικά (τεμαχισμένα κλαδιά ή και ολόκληρα), τα οποία δεν θα προλάβουν να ζυμωθούν μαζί με τα άλλα υλικά, αλλά θα συμβάλλουν στο αερισμό της μάζας. Τα υπόλοιπα υλικά ανακατεύονται, υγραίνονται και τοποθετούνται στην τάφρο κατά τέτοιο τρόπο ώστε μετά από κάθε λεπτή στρώση υλικών κομποστοποίησης (20 cm περίπου) να υπάρχει μια στρώση εδάφους (5-10 cm) και ο σωρός τελικά να πάρει ένα σχήμα, σε κάθετη τομή, ισοσκελούς τραπεζίου, με τη μεγάλη βάση κάτω (σχήμα 8.1). Το ύψος του σωρού μπορεί να φθάσει μέχρι 1,30 m.



Σχήμα 8.1 Κάθετη τομή σωρού κομπόστας

Η χωνεμένη κομπόστα που δημιουργείται μετά από 5 ή 6 μήνες περίπου, μυρίζει ευχάριστα σαν δάσος μετά από βροχή και έχει την εμφάνιση καφέ σκούρου πορώδους χώματος. Η σύνθεσή της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως π.χ. από τα υλικά κομποστοποίησης, τις συνθήκες ζύμωσης, κλπ. Στον πίνακα 8.1 δίνεται η σύσταση ορισμένων οργανικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή compost. [12], [30]

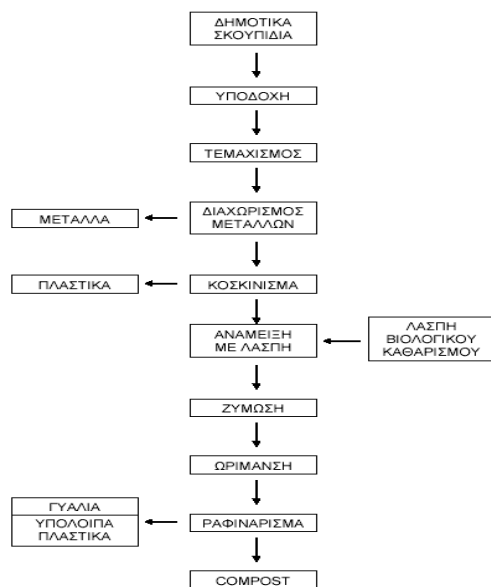
Πίνακας 8.1. Περιεκτικότητα σε N, P, K και Ca ορισμένων οργανικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κομποστοποίηση (Κουκουλάκης, 1997).

Υλικό	Νερό (%)	Οργανική ουσία (%)	Ανόργανη σύνθεση (%)			
			N	P ₂ O ₂	K ₂ O	CaO
Άχυρα κράμβης	16	79	0,70	0,26	1,00	2,00
Φύλλωμα πατάτας	76	22	0,40	0,16	0,83	0,78
Φύλλωμα καρότων	82	15	0,45	0,11	0,49	1,20
Άχυρα σίκαλης	14	77	0,60	0,55	0,25	0,36
Άχυρα κριθαριού	14	75	0,51	0,25	0,94	0,40
Σπάδικες καλαμποκιού	14	85	0,24	0,02	0,25	0,03
Φύλλα δένδρων	15	80	1,00	0,23	0,26	1,86
Ζιζάνια	88	10	0,40	0,14	0,29	0,47
Τέφρα κάρβουνου	5	5	-	0,60	0,70	16,00
Οικιακά υπολείμματα	15	21	0,35	0,30	0,35	3,20

Κοπριά ορνίθων	56	26	1,60	1,50	0,85	2,40
Απορρίμματα WC	77	19	1,30	1,16	0,40	1,60
Τύρφη (πλούσια σε θρεπτικά)	85	14	0,40	0,04	0,01	0,60
Τύρφη (πτωχή σε θρεπτικά)	85	13	0,20	0,01	0,01	0,05

8.2 Ευρείας κλίμακα κομποστοποίηση

Τα διαδοχικά στάδια επεξεργασίας και ζύμωσης των οικιακών απορριμμάτων εμφανίζονται στο σχήμα 8.2.



Σχήμα 8.2 Επιμέρους στάδια κομποστοποίησης δημοτικών απορριμμάτων **Υποδοχή σκουπιδιών**

Τα απορριμματοφόρα αυτοκίνητα αδειάζουν το φορτίο τους σε ανοικτό υπεδάφιο σιλό από μπετόν χωρητικότητας ίσης περίπου με το διπλάσιο του όγκου της ημερήσιας ποσότητας των σκουπιδιών που επεξεργάζεται το εργοστάσιο. Η διπλάσια αυτή χωρητικότητα του σιλό αποσκοπεί στην ύπαρξη δυνατότητας

αποθήκευσης των σκουπιδιών δύο ημερών στην περίπτωση που θα παρουσιαστεί κάποια ζημιά και που συνήθως η επισκευή της δεν απαιτεί περισσότερο από δύο μέρες.

Τεμαχισμός σκουπιδιών

Ο τεμαχισμός των σκουπιδιών γίνεται συνήθως χωρίς καμιά προηγούμενη διαλογή και οι μύλοι που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως σφυρόμυλοι οριζόντιας ή κατακόρυφης διάταξης. Σχεδόν κατά κανόνα οι μύλοι είναι εφοδιασμένοι με ασφαλιστικό σύστημα εκτόνωσης των αερίων που μπορούν να παραχθούν από ενδεχόμενη έκρηξη που μπορεί να σημειωθεί μέσα σε αυτούς κατά την άλεση των σκουπιδιών φιάλη υγραερίου ή ότι άλλο που μπορεί να υπάρχει σε αυτά και να προκαλέσει την έκρηξη.

Η τροφοδοσία των μύλων γίνεται με μεταφορική ταινία που είτε μόνη της παραλαμβάνει τα σκουπίδια από τον πυθμένα κατάλληλα διαμορφωμένου σιλό είτε με τη βοήθεια γερανού με αρπάγη.

Διαχωρισμός μεταλλικών αντικειμένων

Τα σκουπίδια μετά τον τεμαχισμό τους μεταφέρονται με μεταφορική ταινία και περνούν από συγκροτήματα μαγνητών όπου και γίνεται ο διαχωρισμός των μεταλλικών αντικειμένων. Τα μεταλλικά αυτά αντικείμενα με τη βοήθεια και πάλι μεταφορικής ταινίας οδηγούνται είτε σε πρέσα συμπίεσης όπου και μετασχηματίζονται σε μεγάλους κύβους, είτε οδηγούνται έξω από το κτιριακό συγκρότημα και αδειάζονται σε κοντέινερ. Στη συνέχεια τόσο οι κύβοι όσο και το περιεχόμενο των κοντέινερ μεταφέρονται και διαθέτονται σε μεταλλουργικές βιομηχανίες.

Διαχωρισμός πλαστικών

Μετά την απομάκρυνση των μεταλλικών αντικειμένων τα σκουπίδια μεταφέρονται σε κυλινδρικό συνήθως περιστρεφόμενο τύμπανο με οπές (κόσκινο) διαμέτρου γύρω στα 5-7 cm. Τα διάφορα υλικά με διάμετρο μεγαλύτερη των 5 ή 7 cm που δεν μπορούν να περάσουν από τις αντίστοιχες οπές του κόσκινου, πέφτουν σε μεταφορική ταινία που τα μεταφέρει έξω από το κτιριακό συγκρότημα του εργοστασίου. Τα υλικά αυτά είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος πλαστικά και

ακολουθούν χαρτιά, υφάσματα κλπ. που δεν τεμαχίστηκαν στο μύλο. Έτσι το κλάσμα αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί σαν καύσιμο υλικό και σε μερικές περιπτώσεις σαν τέτοιο διατίθεται σε βιομηχανίες που όμως απαραίτητα πρέπει να έχουν κατάλληλα φίλτρα για την προστασία του περιβάλλοντος.

Προσθήκη λάσπης –Ομογενοποίηση

Η προσθήκη λάσπης (sludge) του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των πόλεων έχει δύο στόχους. Ο πρώτος είναι να μικραίνει τη σχέση C/N των σκουπιδιών με την αυξημένη περιεκτικότητα του στερεού κλάσματος σε N (10% σε ξερή βάση) και ο δεύτερος να ανεβάσει το επίπεδο υγρασίας στα επιθυμητά όρια. [12], [30]

Ζύμωση

Μετά την παραπάνω προετοιμασία των σκουπιδιών ακολουθεί η ζύμωση τους που είναι η σημαντικότερη και η μεγαλύτερη σε διάρκεια φάση στη χουμποποίηση των σκουπιδιών. Όταν η ζύμωση γίνει σε κλειστό μονωμένο σύστημα, η θερμότητα που παράγεται διατηρείται με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 75°C.

Κατά τις συνθήκες αυτής της θερμοκρασιακής εξέλιξης παρατηρούνται τέσσερα στάδια:

- § Το μεσόφιλο στάδιο,
- § Το θερμόφιλο στάδιο,
- § Η ψύξη και
- § Η ωρίμανση

Η ζύμωση των σκουπιδιών μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στατικά, χωρίς ανατάραξη, αλλά με την εφαρμογή τεχνητού αερισμού για την εξασφάλιση των αερόβιων συνθηκών, ή με περιοδική ανάδευση (γυρίσματα).

Ωρίμανση

Με την ολοκλήρωση της ταχείας φάσης της ζύμωσης, με κύριο μακροσκοπικό χαρακτηριστικό την πτώση της θερμοκρασίας ζύμωσης στην θερμοκρασία περιβάλλοντος, δεν σημαίνει ότι το υλικό αυτό είναι έτοιμο για να χρησιμοποιηθεί, τουλάχιστον σε ευαίσθητες γεωργικές καλλιέργειες όπως είναι τα κηπευτικά και τα άνθη.

Είναι απαραίτητο να περάσει ακόμη το στάδιο της ωρίμανσης κατά την οποία συνεχίζεται φυσικά η ζύμωση σε ήπιο τόνο και το υλικό απαλλάσσεται από διάφορες τοξικές ουσίες που παράγονται κατά τη φάση της ταχείας ζύμωσης.

Η ωρίμανση γίνεται στο χώρο ζύμωσης (υπόστεγο ή υπαιθρο) με ελάχιστο αερισμό ή γυρίσματα, πριν από το ραφινάρισμα. Μπορεί όμως ακόμη να γίνει και μετά το ραφινάρισμα στο αντίστοιχο υπόστεγο. [30]

Ραφινάρισμα

Το ραφινάρισμα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μία από τις περισσότερο σημαντικές εργασίες για την παρασκευή κόμποστ υψηλής ποιότητας κυρίως όσον αφορά την απαλλαγή του από γυαλιά. Η εργασία αυτή γίνεται από μηχανικό συγκρότημα που κυρίως με βάση το ειδικό βάρος του ζυμωμένου οργανικού κλάσματος, των γυαλιών και των μικροτεμαχιδίων πλαστικού, που πέρασαν από το κόσκινο, γίνεται ο διαχωρισμός τους. Έτσι τελικά το ζυμωμένο οργανικό υλικό απαλλάσσεται από τα γυαλιά και τα υπολείμματα των πλαστικών.

Διάθεση

Το κόμποστ προσφέρεται στην αγορά σε κατάσταση χύμα και σε πλαστικούς σάκους των 25kg ή και μικρότερου βάρους, χωρίς καμιά προσθήκη ή μετά από την προσθήκη χημικών λιπασμάτων. Σε κατάσταση χύμα μεταφέρεται σε φορτηγά αυτοκίνητα στις διάφορες γεωργικές επιχειρήσεις, ενώ το ενσασκισμένο κόμποστ διατίθεται στην αγορά κυρίως για ερασιτέχνες κηπουρούς και τους οικογενειακούς ανθόκηπους.

8.3 Οικιακή κομποστοποίηση

8.3.1 Μέθοδοι οικιακής κομποστοποίησης

Οι μέθοδοι οικιακής κομποστοποίησης διακρίνονται ανάλογα με τη διάταξη των υλικών για το σχηματισμό του σωρού, την διάταξη κομποστοποίησης του σωρού, τον τύπο του προς κομποστοποίηση οργανικού υλικού, τον τύπο της βασικής ομάδας αποδομητών και τέλος, το χώρο στον οποίο θα πραγματοποιηθούν οι διεργασίες αερόβιας αποδόμησης.

Ανάλογα με τη διάταξη των υλικών για το σχηματισμό του σωρού, η διάκριση αφορά:

- χύδην σχηματισμό του σωρού με τυχαία διάταξη των υλικών και
- σχηματισμό του σωρού με καθορισμένη διάταξη των υλικών.

Ο σχηματισμός του σωρού με καθορισμένη διάταξη των υλικών που τον συγκροτούν, έχει στόχο την δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών όσον αφορά τα πρώτα στάδια των διεργασιών αερόβιας αποδόμησης.

Ανάλογα με τη διάταξη κομποστοποίησης του σωρού, οι μέθοδοι οικιακής κομποστοποίησης αφορούν:

- ακάλυπτη διάταξη του σωρού επί του εδάφους,
- ακάλυπτη διάταξη του σωρού στο εσωτερικό τεχνητών κοιλοτήτων του εδάφους (λάκκοι),
- διάταξη του σωρού στο εσωτερικό τεχνητής περίφραξης και
- διάταξη του σωρού εντός κλειστών καλάθων κομποστοποίησης. Οι εν λόγω καλάθοι, ανάλογα με την κατασκευαστική τους πολυπλοκότητα διακρίνονται περαιτέρω σε:
 - στατικούς καλάθους όπου οι διεργασίες κομποστοποίησης εξελίσσονται σχεδόν φυσικά με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση,
 - περιστρεφόμενους ή ανατρεπόμενους καλάθους όπου η μετακίνησή τους αποσκοπεί στην ανάδευση του υλικού,
 - καλάθους με μηχανικό αναδευτήρα του υλικού και
 - σύνθετους καλάθους όπου οι διεργασίες επιταχύνονται μέσω αυτοματοποιημένων διατάξεων για την ανάδευση και τη ρύθμιση των κρίσιμων παραμέτρων κομποστοποίησης.

Ανάλογα με τον τύπο του οργανικού υλικού, η διάκριση αφορά:

- κομποστοποίηση του διαχωρισμένου στην πηγή οργανικού κλάσματος των αστικών απορριμμάτων που το συγκροτούν τα λεγόμενα διατροφικά απόβλητα,
- κομποστοποίηση 'πράσινων' αποβλήτων που προέρχονται από το σύνολο των κηπευτικών εργασιών (κλάδευση, εργασίες καλλωπισμού κήπων κ.ά.),
- κομποστοποίηση μίγματος προερχόμενου εκ των ανωτέρω τύπων οργανικού υλικού.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων κομποστοποίησης οικιακής κλίμακας, ο κύριος τύπος οργανικού υλικού αφορά τα ζυμώσιμα κλάσματα των αστικών απορριμμάτων που αποτελούνται από υπολείμματα διατροφικών δραστηριοτήτων. Δευτερευόντως, κομποστοποιούνται και τα κηπευτικά απόβλητα, ενώ δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις κομποστοποίησης μίγματος των δυο αυτών τύπων.

Ανάλογα με τον κυρίαρχο τύπο των αποδομητών, οι διεργασίες αποδόμησης του οργανικού υλικού πραγματοποιούνται από:

- ομάδες μικροοργανισμών που αφορούν κυρίως βακτήρια και μύκητες. Οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται και δρουν στον όγκο του οργανικού υλικού κατά τις διεργασίες αερόβιας αποδόμησης.
- πληθυσμούς σκωληκίων και ιδιαίτερα ομάδες γαιοσκωληκίων που διοχετεύονται με ανθρωπογενή παρέμβαση στον όγκο του οργανικού υλικού και
- επιλεγμένες ομάδες βακτηρίων ή προσθήκη ενζύμων με τις οποίες μολύνεται το οργανικό υλικό προκειμένου να επιταχυνθούν οι διεργασίες αερόβιας αποδόμησης.

Εκτός από τους ανωτέρω τύπους αποδομητών, κατά τις διεργασίες κομποστοποίησης και σε μικρότερο βαθμό, συμμετέχουν και άλλοι οργανισμοί που αφορούν κυρίως ποικιλίες εντόμων μικρού μεγέθους.

Τέλος, ανάλογα με το χώρο διεξαγωγής των διεργασιών, η οικιακή κομποστοποίηση πραγματοποιείται στην ύπαιθρο, δηλαδή σε χώρους εξωτερικά της οικίας (κήποι, εξώστες, ημιυπαίθριοι χώροι, ταράτσες). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η τεχνολογική ανάπτυξη των συστημάτων κομποστοποίησης έχει κάνει εφικτή την διεξαγωγή των εν λόγω διεργασιών και στο εσωτερικό της οικίας και ιδιαίτερα στο χώρο παραγωγής των διατροφικών αποβλήτων (κουζίνα).

Στα συστήματα αυτά, οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις αφορούν περιοδικές εργασίες ανάδευσης και ύγρυνσης. Λόγω του σχετικά μικρού βαθμού ελέγχου των διεργασιών, η κομποστοποίηση ολοκληρώνεται μετά την παρέλευση ιδιαίτερα μεγάλου χρονικού διαστήματος και οι μέθοδοι αυτές σπάνια εφαρμόζονται. **[12], [30]**

8.3.2 Κομποστοποίηση με ακάλυπτη διάταξη του σωρού επί του εδάφους ή στο εσωτερικό τεχνητών κοιλοτήτων.

Οι εν λόγω μέθοδοι αποτελούν κατά κάποιο τρόπο το ανάλογο των ανοικτών συστημάτων κομποστοποίησης σε οικιακή κλίμακα. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή τους είναι η ύπαρξη εξωτερικού και ανοικτού χώρου πρασίνου (κήπος, αυλή ή αγρόκτημα) εντός των ορίων της οικίας.

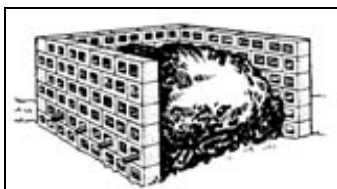
Το οργανικό υλικό, συγκεντρώνεται χειρωνακτικά και διατάσσεται στα σημεία συγκέντρωσής του σε σωρούς είτε επί του εδάφους, είτε στο εσωτερικό λάκκων με βάθος που δεν ξεπερνά το μισό μέτρο. Ο ακάλυπτος όγκος του σωρού βρίσκεται σε άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον και κατ' επέκταση είναι επιρρεπής σε κάθε μορφής καιρικά φαινόμενα.

Οι τύποι των οργανικών υλικών που κομποστοποιούνται με χρήση των μεθόδων αυτών αφορούν εξ ολοκλήρου τα λεγόμενα 'πράσινα' απορρίμματα και ειδικότερα υπολείμματα εργασιών κλάδευσης, δηλαδή, τεμαχίδια ξηρών και χλωρών κλαδιών και φύλλων, γρασίδι, ξηρά και χλωρά χόρτα, άχυρα, φλοιούς δέντρων, ποσότητες στάχτης κ.ά.. Υλικά που αφορούν διατροφικά απόβλητα, σπάνια κομποστοποιούνται με χρήση των μεθόδων αυτών.

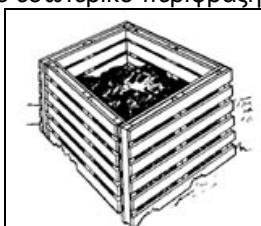
8.3.3 Κομποστοποίηση με διάταξη του σωρού στο εσωτερικό τεχνητής περίφραξης

Στη μέθοδο αυτή, ο σωρός του οργανικού υλικού τοποθετείται στο εσωτερικό περίφραξης κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής. Η περίφραξη μπορεί να είναι κατασκευασμένη από ποικιλία υλικών όπως κεραμικά τούβλα, τσιμεντόλιθοι, ξύλινες σανίδες, συρμάτινα πλέγματα ή συνδυασμούς μεταξύ αυτών. Ανάλογα με το μήκος της περίφραξης, καθορίζεται και η μέγιστη ποσότητα του οργανικού υλικού που μπορεί να εισαχθεί σε αυτήν. Στην πλειοψηφία των διατάξεων αυτών, η άνω επιφάνεια του σωρού είναι ακάλυπτη γεγονός που σημαίνει ότι, καιρικά φαινόμενα όπως βροχοπτώσεις ή χιονοπτώσεις επιδρούν στην εξέλιξη των διεργασιών κομποστοποίησης.

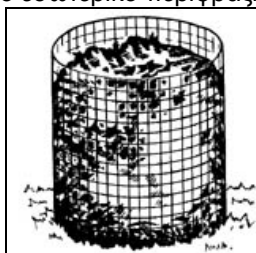
Παρακάτω φαίνονται κάποιες από αυτές τις διατάξεις :



Διάταξη του σωρού στο εσωτερικό περίφραξης από οικοδομικά υλικά



Διάταξη του σωρού στο εσωτερικό περίφραξης από ξύλινες παλέτες



Διάταξη του σωρού στο εσωτερικό περίφραξης από συρμάτινο πλέγμα

8.3.4 Κομποστοποίηση με διάταξη του σωρού εντός κλειστών καλάθων

Η τοποθέτηση του οργανικού υλικού εντός κλειστών καλάθων αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο οικιακής κομποστοποίησης. Τα διατροφικά απόβλητα που συγκροτούν το οργανικό-ζυμώσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων, αφού διαχωριστούν στο χώρο παραγωγής τους (διαχωρισμός στην πηγή), συγκεντρώνονται και διοχετεύονται στο εσωτερικό κλειστών καλάθων κομποστοποίησης. Το υλικό εβρισκόμενο εντός του καλάθου, είναι πλήρως προστατευμένο έναντι της επίδρασης των καιρικών φαινομένων.

Η κομποστοποίηση με διάταξη του σωρού εντός κλειστών καλάθων δεν απαιτεί απαραίτητα την ύπαρξη ανοικτού εξωτερικού χώρου (αυλή, κήπος), αλλά μπορεί να

πραγματοποιηθεί σε εξώστες (μπαλκόνια) ή ακόμα και στο εσωτερικό της οικίας, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία.

Ο βασικός τύπος οργανικού υλικού που κομποστοποιείται με χρήση κλειστών καλάθων είναι τα διατροφικά απόβλητα. Ωστόσο, η ανάμιξη αυτών με κηπευτικά απόβλητα είναι πολύ συχνή και απαντάται ευρύτατα σε πρακτικές εφαρμογές.

Οι κάλαθοι εμφανίζουν πρακτικά πολύ μεγάλη ποικιλία ως προς τη μορφή, τη χωρητικότητα και την κατασκευαστική πολυπλοκότητα. Η ποικιλία αυτή οφείλεται στο πλήθος των μεθοδολογιών που εφαρμόζονται προκειμένου να βελτιστοποιηθούν οι κρίσιμοι παράγοντες που επιδρούν στις διεργασίες κομποστοποίησης με βασική επιδίωξη την επιτάχυνση της όλης διαδικασίας. Οι εν λόγω παράγοντες που αποτελούν αιτία κατασκευαστικών διαμορφώσεων των κάλαθων αφορούν:

- τη διατήρηση της βιολογικά παραγόμενης θερμότητας στο εσωτερικό του κάλαθου στα επιθυμητά θερμοκρασιακά επίπεδα, για την εξασφάλιση της κατά το δυνατόν αποδοτικότερης μικροβιακής δραστηριότητας,
- την επάρκεια των επιπέδων υγρασίας του υποστρώματος και
- τον αερισμό του υλικού που πραγματοποιείται μέσω των εργασιών ανάδευσης ή με τη βοήθεια κατασκευαστικών διαμορφώσεων (μηχανικοί αναδευτήρες).

Ο χρόνος παραμονής του υλικού στο εσωτερικό των κάλαθων ποικίλει ανάλογα με το εφαρμοζόμενο σύστημα μεταξύ 2 και 11 εβδομάδων. Με το πέρας των διεργασιών κομποστοποίησης, το εξερχόμενο κόμποστ είναι έτοιμο προς χρήση στις αντίστοιχες πρακτικές εφαρμογές. Η εκμετάλλευση του κόμποστ στους χώρους της οικίας αφορά κυρίως τη χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό υλικό ή υποστρώματος για τις κηπευτικές καλλιέργειες και τα φυτά. Λόγω του γεγονότος ότι προέρχεται από διατροφικά και κηπευτικά απόβλητα, είναι ένα τελικό προϊόν υψηλής ποιότητας.

Παρακάτω περιγράφονται όλα τα συστήματα των καλάθων οικιακής κομποστοποίησης που εφαρμόζονται στην πράξη.

Έτσι, αρχικά παρατίθενται τα συστήματα που αφορούν στατικούς κάλαθους κομποστοποίησης στους οποίους δεν πραγματοποιείται ανάδευση του υλικού. Ακολούθως, περιγράφονται τα συστήματα περιστρεφόμενων ή ανατρεπόμενων καλάθων όπου η ανάδευση του υλικού επιτυγχάνεται μέσω της μετακίνησής τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι περιπτώσεις καλάθων όπου η ανάδευση του υλικού πραγματοποιείται με χρήση διάταξης μηχανικού αναδευτήρα που κινείται χειρωνακτικά. Τέλος, περιγράφονται τα πλέον σύνθετα συστήματα οικιακής κομποστοποίησης όπου, οι κρίσιμες παράμετροι των διεργασιών ελέγχονται και ρυθμίζονται με χρήση ηλεκτρομηχανολογικών αυτοματοποιημένων διατάξεων. [12], [30]

Ø Στατικοί κάλαθοι κομποστοποίησης

Στους στατικούς κάλαθους κομποστοποίησης δεν πραγματοποιείται ανάδευση του υλικού. Η κομποστοποίηση χαρακτηρίζεται από συνεχή τροφοδοσία του υλικού, ωστόσο, δεν λείπουν ορισμένες περιπτώσεις στατικών συστημάτων ασυνεχούς τροφοδοσίας.

Τα διατροφικά απόβλητα, εισέρχονται στο εσωτερικό του κάλαθου από ειδικά διαμορφωμένο καπάκι που βρίσκεται το ανώτερο τμήμα του. Το καπάκι αυτό φέρει οπές ή διάκενα δια μέσω των οποίων πραγματοποιείται η ύγρανση του υλικού και σε μερικές περιπτώσεις, ρυθμίζονται μέσω πτυσσόμενων ανοιγμάτων οι ποσότητες του παρεχόμενου αέρα. Με το πέρας των διεργασιών, το παραγόμενο κόμποστ εξέρχεται από ειδικά διαμορφωμένη θυρίδα που βρίσκεται στο κάτω μέρος του κάλαθου.

Ο αερισμός του υλικού επιτυγχάνεται μέσω μικρών οπών που είναι διατεταγμένες στις παράπλευρες επιφάνειες και στη βάση του κάλαθου.

Οι στατικοί κάλαθοι κομποστοποίησης είναι κατασκευασμένοι από ανακυκλώσιμο πλαστικό με υψηλές δυνατότητες μόνωσης και προστασία έναντι διάβρωσης, ενώ η μέγιστη χωρητικότητά τους δεν ξεπερνά το ένα κυβικό μέτρο. Τοποθετούνται επί του εδάφους και σε χώρους εξωτερικά της οικίας. Η επιφάνειά τους είναι σκουρόχρωμη καθώς επιδιώκεται η απορρόφηση του ηλιακού φωτός, αφενός για τη θέρμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού κατά την έναρξη των διεργασιών κομποστοποίησης

και αφετέρου, για τη διατήρηση και εξάπλωση των θερμοφιλικών συνθηκών (διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας διεργασιών). Ωστόσο, ορισμένα συστήματα στατικών κάλαθων κομποστοποίησης, επιτυγχάνουν τη διατήρηση της βιολογικά παραγόμενης θερμότητας μέσω διπλών ή τριπλών παράπλευρων μονωτικών τοιχωμάτων.

Ο χρόνος παραμονής του υλικού σε ένα στατικό κάλαθο κομποστοποίησης κυμαίνεται μεταξύ 8 και 11 εβδομάδων. Λόγω του γεγονότος ότι δεν υπάρχουν κατασκευαστικές διαμορφώσεις που να επιτρέπουν την αποτελεσματική ανάδευση, το 'έτοιμο' κόμποστ σπάνια παράγεται ταχύτερα από τις 8 εβδομάδες. Οι εργασίες ανάδευσης, όταν γίνονται, πραγματοποιούνται χειρωνακτικά με ειδικό εξάρτημα που έχει μορφή ράβδου. Η ράβδος αυτή, στο ένα άκρο της φέρει δύο μεταλλικές απολήξεις (λεπίδες) όπου όταν εισέρχεται στο εσωτερικό του κάλαθου, οι λεπίδες με χειρωνακτική περιστροφική κίνηση αναδεύουν το υλικό.

Στους στατικούς κάλαθους κομποστοποίησης συμπεριλαμβάνονται και αυτοί όπου οι διεργασίες βιοαποδόμησης πραγματοποιούνται από πληθυσμούς σκωληκίων. Στα συστήματα αυτά, η μεθοδολογία τροφοδοσίας του υλικού (συνεχής ή ασυνεχής), καθορίζεται από το σχεδιασμό του κάλαθου. Επιπλέον, λόγω της ύπαρξης των σχετικά μεγάλου μεγέθους βιοαποδομητών και για την προστασία αυτών, στα συστήματα αυτά δεν απαιτούνται εργασίες ανάδευσης αλλά το υλικό διατάσσεται σε στρώσεις, στο εσωτερικό διαμορφωμένων χώρων (διαμερίσματα).

Στατικά Συστήματα στα οποία χρησιμοποιούνται πληθυσμοί σκωληκίων

Στο εν λόγω σύστημα οι διεργασίες κομποστοποίησης πραγματοποιούνται από τις δραστηριότητες μεταβολισμού πληθυσμών από σκώληκες. Οι πληθυσμοί αυτοί εξαπλώνονται επί του οργανικού υλικού, το καταναλώνουν και κατά την εκκένωσή τους, παράγουν ένα τελικό προϊόν που έχει ανάλογες ιδιότητες με το κόμποστ και ονομάζεται βέρμι-κόμποστ. Οι σκώληκες τοποθετούνται με εξωτερική ανθρωπογενή παρέμβαση στην επιφάνεια του κατώτερου διαμερίσματος. Το διαμέρισμα στο οποίο η ποσότητα του οργανικού υλικού μετατράπηκε σε βέρμι-κόμποστ, αφαιρείται προσωρινά προκειμένου να γίνει η παραλαβή του τελικού προϊόντος.



Στατικό Σύστημα 15



Στατικό Σύστημα 15

Εσωτερικό καλάθου σε διατομή



Στατικό Σύστημα 16



Στατικό Σύστημα 16

Εσωτερικό συρμάτινο πλέγμα ενός εκ των διαμερισμάτων

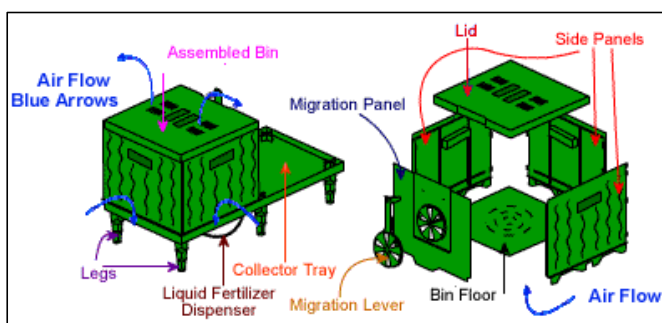


Στατικό Σύστημα 17



Στατικό Σύστημα 18

Ο κυριάρχος τύπος αποδομητή είναι οι γαιοσκώληκες



Στατικό Σύστημα 19

Σύστημα με δύο κάλαθους

Μόλις οι πληθυσμοί των σκωλικών ολοκληρώσουν τις διεργασίες βιοαποδόμησης στον πρώτο, μεταβαίνουν στο δεύτερο

Ø Περιστρεφόμενοι ή ανατρεπόμενοι κάλαθοι κομποστοποίησης

Το σχήμα των κάλαθων αυτών είναι διαμορφωμένο με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε το περιεχόμενο υλικό να αναδεύεται μέσω της περιστροφής ή της ανατροπής τους. Το σύνηθες σχήμα τους είναι κυλινδρικό, βαρελοειδές και σπανιότερα, σφαιρικό.

Η ανάδευση του υλικού επιτυγχάνεται με περιστροφή του κάλαθου γύρω από τον άξονά του. Η εν λόγω περιστροφή, πραγματοποιείται χειρωνακτικά απευθείας, ή μέσω ειδικών πλαισίων στήριξης στα οποία αναρτάται ο κάλαθος προκειμένου να επιτευχθεί η ελεύθερη περιστροφή του.

Η τροφοδοσία του υλικού στους περιστρεφόμενους κάλαθους είναι ασυνεχής κατά συνέπεια η χωρητικότητα των περιστρεφόμενων κάλαθων είναι εν γένει μικρότερη από αυτήν των στατικών.

Ωστόσο, η κομποστοποίηση του περιεχόμενου οργανικού υλικού πραγματοποιείται ταχύτερα καθώς η εξασφάλιση επάρκειας ως προς την περιεκτικότητα σε θρεπτικά

συστατικά σε συνδυασμό με το κατάλληλο πορώδες, οδηγούν στη δημιουργία 'τελικού' κόμποστ εντός 4 με 7 εβδομάδων. Η είσοδος του υλικού εντός του κάλαθου και η παραλαβή του παραγόμενου κόμποστ, σε όλες τις περιπτώσεις που απαντώνται στην πράξη, πραγματοποιούνται από κοινή θυρίδα.



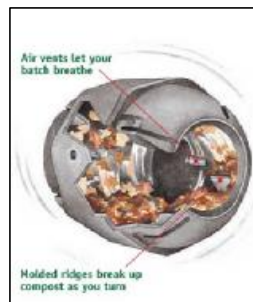
Περιστρεφόμενο Σύστημα 1



Περιστρεφόμενο Σύστημα 2



Περιστρεφόμενο Σύστημα 3



Περιστρεφόμενο Σύστημα 3

*Εσωτερικό θαλάμου σε τομή, διακρίνονται
οι λεπίδες τεμαχισμού*



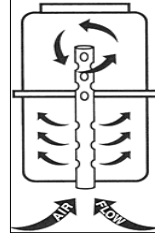
Περιστροφικό Σύστημα 4



Περιστροφικό Σύστημα 5



Περιστροφικό Σύστημα 6



Περιστροφικό Σύστημα 6
Διάταξη αερισμού του συστήματος



Περιστρεφόμενο Σύστημα 7

Ø Κάλαθοι κομποστοποίησης με μηχανικό αναδευτήρα

Οι κάλαθοι αυτοί χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη κατασκευαστική πολυπλοκότητα έναντι των αντίστοιχων στατικών ή περιστρεφόμενων που περιγράφηκαν ανωτέρω. Ειδικότερα, αποτελούν μια σύνθεση των βασικών πλεονεκτημάτων των δύο προηγούμενων κατηγοριών αποσκοπώντας στην περαιτέρω επιτάχυνση των διεργασιών κομποστοποίησης.

Αναφορικά με την ποσότητα του εισερχόμενου υλικού στα συστήματα αυτά, κατ' αναλογία με τους στατικούς κάλαθους, η τροφοδοσία του υλικού είναι συνεχής. Η είσοδος του 'φρέσκου' υλικού εντός του κάλαθου και η παραλαβή του παραγόμενου κόμπост, πραγματοποιούνται από διαφορετικές θυρίδες.

Παράλληλα, η πραγματοποίηση των εργασιών ανάδευσης δεν απαιτεί τη συνολική μετακίνηση του κάλαθου (περιστροφή ή ανατροπή), αλλά επιτυγχάνεται μέσω μηχανικών αναδευτήρων κινούμενων χειρωνακτικά. Συνηθέστερα, οι αναδευτήρες αυτοί έχουν διάταξη περιστρεφόμενου μεταλλικού κοχλίου.

Οι τεχνικές που εφαρμόζονται στους εν λόγω κάλαθους αναφορικά με τις συνθήκες αερισμού, ύγρυνσης και σχετικά με τη διατήρηση της θερμοκρασίας των διεργασιών σε υψηλά επίπεδα, είναι ανάλογες με τις αντίστοιχα εφαρμοζόμενες των δύο προηγούμενων κατηγοριών για τα συστήματα οικιακής κομποστοποίησης.

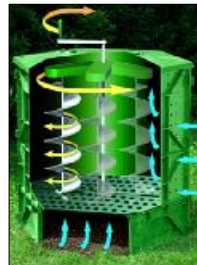
Στη συγκεκριμένη κατηγορία συστημάτων οικιακής κομποστοποίησης, εμφανίζονται και οι πρώτες ηλεκτρομηχανολογικές διατάξεις για τον αερισμό του υλικού και την απαγωγή των δυσάρεστων οσμών. Οι εν λόγω διατάξεις κάνουν εφικτή τη διεξαγωγή των διεργασιών κομποστοποίησης, εκτός από την ύπαιθρο, σε χώρους εσωτερικά της οικίας. [12], [30]



Μηχανικό Σύστημα 1



Μηχανικό Σύστημα 2



Μηχανικό Σύστημα 2

Περιστροφικός αναδευτήρας τύπου κοχλία με δυνατότητα δύο κινήσεων



*Μηχανικό Σύστημα 3
Απομάκρυνση οσμών*



*Μηχανικό Σύστημα 3
Διάταξη ανεμιστήρα και εύκαμπτου αγωγού*

Ø Σύνθετοι κάλαθοι αυτοματοποιημένων διατάξεων

Σους κάλαθους αυτούς, ο έλεγχος και η ρύθμιση των παραμέτρων που διέπουν τις διεργασίες αερόβιας αποδόμησης/σταθεροποίησης και κυρίως αυτών που αφορούν στον αερισμό μέσω ανάδευσης, στην ύγρανση, στην επίτευξη των κατάλληλων θερμοκρασιακών συνθηκών και στην εξάλειψη των δυσάρεστων οσμών, πραγματοποιείται με χρήση αυτοματοποιημένων ηλεκτρομηχανολογικών διατάξεων.

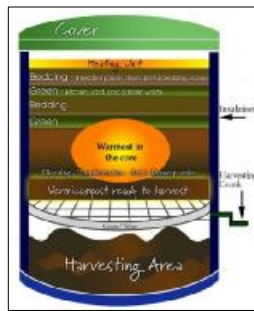
Οι εν λόγω διατάξεις για τη λειτουργία τους απαιτούν την κατανάλωση ενέργειας η οποία πραγματοποιείται με τη σύνδεσή τους στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της οικίας, ή μέσω της χρήσης ηλεκτρικών συσσωρευτών (μπαταρίες).

Η κομποστοποίηση του οργανικού υλικού στους κάλαθους αυτούς, επιτυγχάνεται ταχύτερα από οποιαδήποτε άλλη διαθέσιμη τεχνολογία που περιγράφηκε ανωτέρω. Παράλληλα, εξαιτίας των διατάξεων πλήρους απόσμησης, η κομποστοποίηση με χρήση σύνθετων καλάθων πραγματοποιείται αποκλειστικά σε χώρους εσωτερικά της οικίας.

Τα υλικά που κομποστοποιούνται με χρήση των εν λόγω συστημάτων αφορούν αποκλειστικά τις ποσότητες διατροφικών αποβλήτων που παράγονται καθημερινά από οικογένειες. Ως εκ τούτου, οι κάλαθοι τοποθετούνται στον χώρο παραγωγής των αποβλήτων αυτών, δηλαδή στην κουζίνα κάθε οικίας. Λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου χώρου για την εγκατάστασή τους, η χωρητικότητά τους είναι εν γένει μικρότερη συγκριτικά με τους κάλαθους που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Η κομποστοποίηση δεδομένης μάζας διατροφικών αποβλήτων με χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων, πραγματοποιείται μετά την παρέλευση 2-3 εβδομάδων. Ωστόσο, στις πρακτικές εφαρμογές ορισμένων συστημάτων του εν λόγω τύπου, το παραγόμενο κόμποστ είναι 'ανώριμο' και απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία προκειμένου να είναι δυνατή η αξιοποίησή του.

Για το λόγο αυτό, το κόμποστ που παράγεται από τους σύνθετους κάλαθους, δεν χρησιμοποιείται για ίδια χρήση αλλά συλλέγεται από ειδικά οχήματα και οδηγείται σε κεντρική εγκατάσταση για το στάδιο της ωρίμανσης. [Deliverable COMWASTE C1]



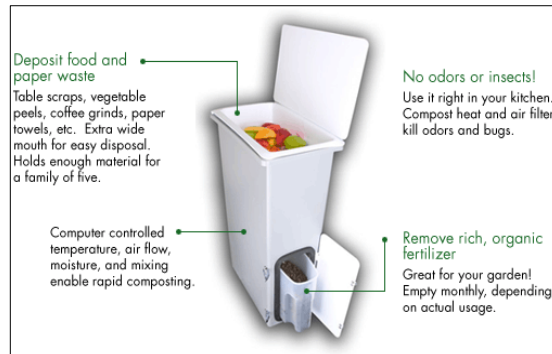
Σύνθετο Σύστημα 1

Οι διεργασίες αποδόμησης πραγματοποιούνται από πληθυσμούς σκωληκίων. Θερμαντικό στοιχείο διατηρεί τη θερμοκρασία μεταξύ 16 και 32° C ενώ δεν διαθέτει φίλτρα απόσμησης.



Σύνθετο Σύστημα 2

Διαθέτει διάταξη φίλτρων απόσμησης



Σύνθετο Σύστημα 3

Ο έλεγχος και η ρύθμιση των παραμέτρων (αερισμός, υγρασία, θερμοκρασία) επιτυγχάνεται με μικροϋπολογιστή



Σύνθετο Σύστημα 4

Οι διεργασίες κομποστοποίησης επιτυγχάνονται με εμβολιασμό του όγκου του υλικού με χημικό καταλύτη. Απουσία εργασιών ανάδευσης. Ο αερισμός γίνεται με αυτοματοποιημένη διάταξη ανεμιστήρα. Διαθέτει σύστημα συμπίκνωσης και ανακυκλοφορίας των υδρατμών που δημιουργούνται στη θερμόφιλη φάση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΟΜΠΟΣΤ

9.1. Περιγραφή του προϊόντος

Το σωστά κομποστοποιημένο υλικό έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του χούμους. Πρόκειται για ένα ετερογενές μίγμα που περιλαμβάνει μικροβιακούς πληθυσμούς, υλικά που έχουν αποσυντεθεί βιολογικά και υλικά που υπόκεινται σε περαιτέρω αποσύνθεση. Το κόμποστ (compost) βιοχημικά δεν είναι σταθερό. Κάτω από κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες επιτυγχάνεται η παραπέρα αποσύνθεση από μικρόβια, ακόμη κι από ανώτερες μορφές ζωής (γαιοσκώληκες, έντομα), μέχρι τελικά να οξειδωθεί σε ορυκτά άλατα, διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Το τελικό προϊόν, μετά την ωρίμανση του αποκτά μια μυρωδιά βρεγμένης γης και ένα σκούρο καφέ προς γκρι χρώμα.

Σημαντικό ρόλο στο κόμποστ παίζει ο δείκτης NPK (άζωτο, φώσφορος, κάλιο). Γενικά η ποσότητα φωσφόρου στο κόμποστ είναι ελαφρώς μικρότερη από αυτή του αζώτου. Το κάλιο είναι ακόμη χαμηλότερο σε σχέση με τα άλλα δύο εκτός αν στα υλικά περιέχεται στάχτη από ξύλα. Η χαμηλή περιεκτικότητα σε κάλιο δεν αποτελεί σημαντικό διατροφικό μειονέκτημα για τα φυτά σε μέρη που το έδαφος είναι αλκαλικό.

Η ταξινόμηση του κόμποστ μπορεί να γίνει με βάση τον δείκτη NPK , το μέγεθος των υλικών, την ποσότητα προσμίξεων όπως το γυαλί και τα πλαστικά, την περιεκτικότητα σε παθογόνες και τοξικές ουσίες και πιθανόν με βάση το βαθμό ωριμότητάς του. Σίγουρα ένα προϊόν ελεύθερο από προσμίξεις, ασφαλές για τη δημόσια υγεία, που θα αποτελείται ενιαία από σωματίδια μικρού μεγέθους και ο δείκτης του NPK θα πλησιάζει τον αντίστοιχο ενός λιπάσματος (περίπου 6%), θεωρείται top-class.[1]

9.2 Ποιότητα παραγόμενου προϊόντος

Δύο είναι οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (compost) και επομένως τη δυνατότητα προώθησης του: η φυτοτοξικότητα και η παρουσία βαρέων μετάλλων σε αυτό.

9.2.1. Φυτοτοξικότητα

Με τον όρο φυτοτοξικότητα εννοείται η παρουσία στο compost τοξινών επιβλαβών για την ανάπτυξη των φυτών. Σε γενικές γραμμές, οι φυτοτοξίνες αποτελούν μεταβολικά προϊόντα της βιοαποδόμησης του οργανικού υλικού, τα οποία είναι δύσκολο να καθορισθούν βιοχημικά, καθώς εξαρτώνται από την παρουσία αρκετών παραγόντων που αλληλεπιδρούν (υπόστρωμα, μικροβιακοί πληθυσμοί, οξυγόνο, θερμοκρασία, βαθμός μετατροπής της οργανικής ύλης κλπ.)

Κατά την κομποστοποίηση, η φυτοτοξικότητα είναι μία μεταβατική κατάσταση, που συνδέεται ως επί το πλείστον με το ταχέως βιοδιασπώμενο υλικό στα αρχικά στάδια της διεργασίας. Η παραγωγή φυτοτοξικών ουσιών διακόπτεται και οι τοξίνες καθίστανται ανενεργές στα επόμενα στάδια της βιοαποδόμησης.

Σε ελεγχόμενες διεργασίες κομποστοποίησης, το στάδιο που χαρακτηρίζεται από υψηλή φυτοτοξικότητα ολοκληρώνεται πριν το τέλος του θερμοφιλικού σταδίου. Σε περιπτώσεις ανεπαρκώς αεριζόμενων υλικών έχει παρατηρηθεί η διατήρηση φυτοτοξικότητας για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ο προσδιορισμός φυτοτοξικότητας στο τελικό προϊόν δείχνει ότι αυτό δεν έχει σταθεροποιηθεί επαρκώς (είτε δεν έχουν ολοκληρωθεί ακόμη οι διεργασίες είτε οι διεργασίες δεν έχουν εξελιχθεί ομαλά). Οι φυτοτοξίνες είναι δυνατόν να προκαλέσουν την καταστροφή των ριζικών συστημάτων των φυτών, όταν μη σταθεροποιημένο compost έρθει άμεσα σε επαφή με το έδαφος. [12], [19], [30]

9.2.2. Βαρέα μέταλλα

Τα επίπεδα συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στο προς κομποστοποίηση υλικό είναι κρίσιμης σημασίας για την εξέλιξη της διεργασίας και την τελική ποιότητα του προϊόντος. Δεδομένου ότι κατά την κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα απώλεια

μάζας, οι αρχικές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων αυξάνονται μετά το πέρας της διεργασίας.

Η αύξηση των βαρέων μετάλλων οφείλεται τόσο στην παρουσία μολύβδου στο τυπωμένο χαρτί, όσο και στα μέταλλα που υπάρχουν στη δομή των συσκευασιών. Οι συσκευασίες σε πολλές περιπτώσεις συνίσταται από πολλές διαφορετικές πολύ λεπτές στρώσεις πλαστικού (περισσότερες από 20 στρώσεις) και μέταλλα τα οποία συνδέονται με στρώσεις κυτταρίνης. Κατά την κομποστοποίηση, η δομή της συσκευασίας καταστρέφεται μερικώς από τη μικροβιακή δράση καθώς μόνο η βιοαποδομήσιμη κυτταρίνη διασπάται και όχι το πλαστικό και τα μέταλλα. Ως αποτέλεσμα, μετά τη μικροβιακή διάσπαση της κυτταρίνης, διασπάται και η δομή της συσκευασίας και το compost ρυπαίνεται με βαρέα μέταλλα και πλαστικά.

Ακόμη, μία σημαντική δυνητική πηγή βαρέων μετάλλων είναι και η ιλύς που πολλές φορές αναμιγνύεται και χρησιμοποιείται ως υλικό προς κομποστοποίηση μαζί με το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων (κυρίως ιλύς που προέρχεται από μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων). Όταν η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα της ιλύος είναι πολύ υψηλή, τότε η ιλύς δεν χρησιμοποιείται για κομποστοποίηση, γιατί παρεμποδίζονται ή και αναστέλλονται οι διεργασίες κομποστοποίησης. Ως εκ τούτου η ιλύς που τροφοδοτείται σε μονάδα κομποστοποίησης πρέπει να συνοδεύεται από αποτελέσματα αναλύσεων που να αναγράφουν την περιεκτικότητα της σε βαρέα μέταλλα.

Οι κίνδυνοι που δημιουργούνται από την προσθήκη του κόμποστ στο έδαφος με μεγάλη περιεκτικότητα σε βαριά μέταλλα, είναι δύο:

§ η τοξική επίδραση τους στην ανάπτυξη των φυτών και

§ η μεταφορά των βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο και στα ζώα που καταναλώνουν την παραγωγή των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αυτά τα εδάφη, δεδομένου ότι τα βαρέα μέταλλα απορροφούνται από τα φυτά και συγκεντρώνονται στους φυτικούς ιστούς

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος καταβάλλονται σήμερα, σε ερευνητικό επίπεδο, μεγάλες προσπάθειες σε ολόκληρο σχεδόν τον κόσμο, και ήδη φαίνεται πως υπάρχουν ελπιδοφόρες προοπτικές. Συγκεκριμένα, έχουν διαπιστωθεί τα εξής:

§ η απορρόφηση ή όχι των βαρέων μετάλλων από το φυτό σχετίζεται άμεσα με το είδος του φυτού. Έτσι, άλλα φυτά απορροφούν περισσότερο και άλλα λιγότερο τα βαριά μέταλλα,

§ όταν το pH του εδάφους που προστίθεται το compost είναι μεγαλύτερο από 6,5 τότε η απορρόφηση των βαρέων μετάλλων είναι περιορισμένη,

§ σε πειραματικό στάδιο ακόμη χρησιμοποιούνται ορισμένες χημικές ουσίες (κατιονικοί εναλλάκτες) που έχουν την ικανότητα να αδρανοποιούν τα βαριά μέταλλα κι έτσι να παρεμποδίζεται η απορρόφηση τους από τα φυτά, όπως επίσης και η τοξική επίδρασή τους σε αυτά. [19], [30]

9.2.3. Εξευγενισμός και ωρίμανση του τελικού προϊόντος

Το παραγόμενο προϊόν, μετά την ολοκλήρωση της διεργασίας της κομποστοποίησης οδηγείται προς εξευγενισμό, ο οποίος αποσκοπεί στο διαχωρισμό του παραχθέντος οργανικού υλικού από προσμίξεις κυρίως γυαλί, σκληρά πλαστικά, χαλίκι που ελαττώνουν την εμπορική του αξία. Ο διαχωρισμός γίνεται αρχικά βάσει μεγέθους και στη συνέχεια, μέσω συστημάτων τα οποία συνδυάζουν μηχανικό και αεροδυναμικό διαχωρισμό (αξιοποίηση του διαφορετικού ειδικού βάρους). Τα κύρια ρεύματα που προκύπτουν από τις διαδικασίες διαχωρισμού είναι το εξευγενισμένο compost, τα άχρηστα υλικά, που προκύπτουν από τους διαχωρισμούς και οδηγούνται προς υγειονομική ταφή και οργανικά συστατικά που δεν έχουν σταθεροποιηθεί πλήρως. Τα μη επαρκώς σταθεροποιημένα οργανικά επανατροφοδοτούνται στη μονάδα κομποστοποίησης.

Το κόμποστ μετά τη διαδικασία εξευγενισμού του, οδηγείται για ωρίμανση, όπου παραμένει για επαρκές χρονικό διάστημα (συνήθως ένα μήνα) σε σωρούς. Το χρονικό αυτό διάστημα της ωρίμανσης βοηθά:

§ στη διάσπαση και των πλέον ανθεκτικών οργανικών υλικών

§ στην επανεμφάνιση μικροβιακών πληθυσμών που αναπτύσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες και οι οποίοι είναι χρήσιμοι για την περαιτέρω σταθεροποίηση του οργανικού προϊόντος καθώς μεταβολίζουν τα φυτοτοξικά συστατικά και περιορίζουν την πιθανότητα δημιουργίας προβλημάτων στην ανάπτυξη των φυτών, κατά τη χρήση του κόμποστ.

Το παραγόμενο κόμποστ είναι βέλτιστης ποιότητας όταν περιέχει υψηλής ποιότητας χουμικά οξέα που είναι επιθυμητά για τις γεωργικές εφαρμογές, λόγω του γεγονότος ότι δεσμεύουν με προσρόφηση θρεπτικά συστατικά, όπως άζωτο, οργανικά νιτρικά, φωσφορικά, καθώς και τα υλικά που προστίθενται με τη μορφή χημικής λίπανσης, όπως K, Mg και ιχνοστοιχεία. Τα στοιχεία αυτά δεσμεύονται αρχικά από τα χουμικά οξέα του κόμποστ και στη συνέχεια αποδίδονται σταδιακά στο φυτικό ριζικό σύστημα. Αυτό έχει ως συνέπεια την ισορροπημένη ανάπτυξη των φυτών και παράλληλα αποφεύγεται η ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, καθότι τα θρεπτικά συστατικά δεν παρασύρονται από τα όμβρια ύδατα μέσω επιφανειακής απορροής (γεγονός που οδηγεί συχνά σε φαινόμενα ευτροφισμού ευρείας κλίμακας σε λίμνες και ποτάμια).

Στον Πίνακα 9.1 παρουσιάζονται οι ενδεικτικές τιμές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών που πρέπει να διαθέτει το τελικό σταθεροποιημένο ώριμο κόμποστ (ΚΥΑ 114218/1997).

Πίνακας 9.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του compost

Παράμετρος	Οριακή τιμή
Κάδμιο	10 mg/kg Ξηρού βάρους
Χαλκός	500 mg/kg Ξηρού βάρους
Νικέλιο	200 mg/kg Ξηρού βάρους
Μόλυβδος	500 mg/kg Ξηρού βάρους
Τρισθενές Χρώμιο	500 mg/kg Ξηρού βάρους
Εξασθενές Χρώμιο	10 mg/kg Ξηρού βάρους
Ψευδάργυρος	2000 mg/kg Ξηρού βάρους
Αρσενικό	15 mg/kg Ξηρού βάρους
Υδράργυρος	5 mg/kg Ξηρού βάρους
pH	6-8
Εντεροβακτήρια	Μηδέν
Περιεκτικότητα σε πλαστικό	< 0,3% Ξηρού βάρους
Περιεκτικότητα σε γυαλί	< 0,5% Ξηρού βάρους
Υγρασία	<40%
Κοκκομετρία Υλικού	≤ 10 mm (90 % κ.β.)

Επιπλέον, υφίστανται ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές ποσότητας βαρέων μετάλλων που περιέχονται στο compost και εισάγονται σε καλλιεργήσιμα εδάφη (Πίνακας 9.2) (ΚΥΑ 114218/1997).

Πίνακας 9.2. Οριακές τιμές για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται στα καλλιεργήσιμα εδάφη (kg/εκτάριο * έτος)

Παράμετρος	Οριακές τιμές
Κάδμιο	0,15
Χαλκός	12
Νικέλιο	3
Μόλυβδος	15
Ψευδάργυρος	30
Χρώμιο	5
Υδράργυρος	0,1

Προκειμένου για τις οριακές τιμές των ποσοτήτων βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται κατά έτος στα καλλιεργήσιμα εδάφη (με βάση ένα μέσο όρο 10 ετών), μπορεί να επιτραπεί η υπέρβαση τους μόνο στην περίπτωση που στα εδάφη καλλιεργούνται προϊόντα που προορίζονται αποκλειστικά και μόνο για ζωοτροφές. Λαμβάνεται πάντα μέριμνα, ώστε να μην προκύψει κανένας κίνδυνος για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον.

9.3. Πλεονεκτήματα του εδάφους με την εφαρμογή του κόμποστ

Το παραγόμενο κόμποστ από τη κομποστοποίηση των οικιακών απορριμμάτων είναι ένα οργανοχημικό υλικό που η προσθήκη του στο χώμα βελτιώνει τα φυσικά (πορώδες, υδατοϊκανότητα) και χημικά (CEC, pH) χαρακτηριστικά του τελευταίου. Ακόμη, η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά, έστω και χαμηλή, και η βραδεία απόδοσή τους αποτελεί ένα ακόμη αγρονομικό στοιχείο θετικό, που συμβάλλει στην αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών.

Το κόμποστ αυξάνει το περιεχόμενο του εδάφους σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Μεταβάλλει τη δομή του εδάφους εμπλουτίζοντάς το με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά αυξάνοντας έτσι και τη γονιότητά του. Επίσης αυξάνει την ικανότητα του εδάφους στο να συγκρατεί νερό (αφού το στρώμα κόμποστ μπορεί να δράσει και ως κάλυμμα για το νερό που εξατμίζεται σε περιόδους ξηρασίας) και να αερίζεται

καλύτερα, παράγοντες που επηρεάζουν καταλυτικά την ανάπτυξη των ριζικών συστημάτων.

Τέλος, θα πρέπει να τονίσουμε ότι με τη χρησιμοποίηση κόμποστ στο έδαφος, τα φυτά γίνονται πιο ανθεκτικά όσον αφορά τις διάφορες ασθένειες ενώ αντικαθίστανται ταυτόχρονα τα χημικά λιπάσματα, κύρια αιτία δημιουργίας του ευτροφισμού στις λίμνες και τα ποτάμια.

9.4. Περιβάλλον και δημόσια υγεία

Αρνητικά αποτελέσματα από τη χρήση κόμποστ έχουμε όταν η ποσότητα που ρίχνουμε στο έδαφος είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή που χρειάζεται ένα φυτό για να αναπτυχθεί. Μεγάλες ποσότητες αζώτου στο έδαφος οξειδώνονται από τα βακτήρια σε νιτρικά τα οποία είναι ευδιάλυτα στο νερό και μπορούν έτσι να εισχωρήσουν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα προκαλώντας μόλυνση.

Σχετικά με τη δημόσια υγεία κίνδυνος υπάρχει αν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί δεν εξουδετερωθούν κατά τη διάρκεια ή μετά το τέλος της κομποστοποίησης, ή αν το τελικό προϊόν αναμιχθεί με ένα νέο μίγμα απορριμμάτων που περιέχει παθογόνα (μόνο σε περιπτώσεις κακής διαχείρισης). Η απαλλαγή του κόμποστ από τα παθογόνα κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης όπως έχει τονιστεί επιτυγχάνεται με τη σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας στους 70°C. Για την καταστροφή των παθογόνων μετά το πέρας της διεργασίας συνιστάται το άπλωμα του κόμποστ σε λεπτά στρώματα στον ήλιο. Αυτό γίνεται γιατί οι μικροοργανισμοί όπως ο *Streptomyces* (ακτινομύκητας) και ο *Aspergillus* (μύκητας) καθώς επίσης και τα μικροβιακά σπόρια (*anthrax*) και παθογόνοι (*Mycobacterium tuberculosis*) είναι ευαίσθητα στην ακτινοβολία.

Μεγάλη ανησυχία υπάρχει για το μύκητα *Aspergillus fumigatus* και τα σπόρια του, αφού συναντάται συχνά στο κόμποστ. Ωστόσο έχει αποδειχθεί ότι ο συγκεκριμένος μύκητας δεν είναι τόσο επικίνδυνος. Το πολύ να προκαλεί αλλεργία σε ευαίσθητα άτομα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι παράμετροι που θα πρέπει να ελέγχονται για την καταγραφή της ποιότητας του κόμποστ:

Πίνακας 9.3. Παράμετροι χρήσιμοι για τον προσδιορισμό ποιότητας κόμποστ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΚΟΠΟΣ
Φυσικές	Πυκνότητα	Μεταφορά, χειρισμός, αποθήκευση
	Χρώμα	Αισθητική
	Ποσοστό Υγρασίας	Χειρισμός
	Οσμή	Υγεία, περιβάλλον, αισθητική, εμπορευματοποίηση
	Περιεχόμενη οργανική ύλη	Ποιότητα χούμους
	pH	Ποιότητα χούμους
	Μέγεθος	Χειρισμός, αισθητική, ποιότητα χούμους
	Συγκράτηση νερού	Ποιότητα χούμους, διατήρηση νερού
	Μολυσματικά	Υγεία, περιβάλλον, ποιότητα χούμους, αισθητική
	Ωριμότητα	Ποιότητα χούμους, παραγωγή σοδειάς, σταθερότητα
Χημικές	Ιχνοστοιχεία (μακρό και μικρό)	Ποιότητα χούμους, παραγωγή σοδειάς
	Βαρέα μέταλλα	Ποιότητα χούμους, υγεία, περιβάλλον
	Ευδιάλυτα άλατα	Ποιότητα χούμους, παραγωγή σοδειάς, περιβάλλον
Οργανικές-Βιολογικές	Τοξικά συστατικά	Υγεία, περιβάλλον
	Παθογόνα	Υγεία, περιβάλλον
	Σπόρια	Ποιότητα χούμους, παραγωγή σοδειάς

Τέλος ακολουθούν δυο πίνακες με τα χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων κόμποστ και με τα ανταγωνιστικά προϊόντα στην αγορά :

Πίνακας 9.4. Χαρακτηριστικά διαφορετικών τύπων κόμποστ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΑΥΛΗΣ	ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	ΜΙΚΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ
Πυκνότητα	Lb/yd ³	515-680	600	600-800
Περιεχόμενη	%	34-61	~40	~45

υγρασία				
pH		5.8-7.2		
Μέγεθος	ln.	1.1-4.0	<3/4	1-4
Συγκράτηση νερού	%	110-300		
Αργίλιο	ppm	600		
Αρσενικό	ppm	5	1.8	1.1-9
Βορόνιο	ppm	0.5-81	3.8	
Κάδμιο	ppm	0.8	0-0.8	1.4-6.0
Ασβέστιο	ppm	875	2511-38400	
Άνθρακας (ολικός)	%	32.5	7.3	
Χλώριο	ppm	192		
Χρώμιο	ppm	23	6.6-23.8	16.2-220
Κοβάλτιο	ppm		1.8-17.2	
Χαλκός	ppm	2-6	8.7-24.8	46.5-630
Κυάνιο	ppm			0.49
Σίδηρος	ppm	144-412	922	
Μαγνήσιο	ppm	11-920	1050-9000	
Μαγγάνιο	ppm	36	21-181.6	
Υδράργυρος	ppm	0.06	0.01	1.2-5
Μόλυβδος	ppm	72	7.5-23.8	82.4-913
Νικέλιο	ppm	22	2.1-2.9	8.3-110
Νιτρικά	ppm	2-8		
Φώσφορος	ppm	4-280	1300-4600	
Κάλιο	ppm	184-3600	5800-8900	
Θείο	ppm	39-753		
Ευδιάλυτα άλατα	mmhos	0.7-1.9		
Ψευδάργυρος	ppm	19-160	24.7-110.2	266-1650
N-Kjendahl	%	0.7	0.95	--

Πίνακας 9.5. Ανταγωνιστικά-Συμπληρωματικά προϊόντα με το κόμποστ

ΥΛΙΚΑ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
Χώμα	Οργανική ύλη, πορώδεις, συγκράτηση υγρασίας
Ξερά φύλλα και κομμάτια ξύλου	Συγκράτηση νερού, προφύλαξη από διάβρωση,
Κοπριά-Λιπάσματα	Πορώδεις, οργανική ύλη
Τύρφη	Πορώδεις, συγκράτηση υγρασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ, ΗΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΑΔΑ

Η οικιακή κομποστοποίηση είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ευρώπη και διεθνώς. Παρακάτω παρουσιάζονται οι επιτυχημένες περιπτώσεις διαλογής και αξιοποίησης οργανικού κλάσματος στην πηγή, σε Ευρώπη, Η.Π.Α και Καναδά. Συγκεκριμένα οι περιπτώσεις αυτές αναφέρονται σε πιλοτικά προγράμματα που εφαρμόστηκαν σε διάφορους δήμους και κοινότητες, είτε σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είτε σε άλλες χώρες, με στόχο το διαχωρισμό και την αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος στη πηγή.

Ελλάδα

Στο Δήμο *Ελευσίνας*, η "Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης (ΟΕΑ)" συνεργαζόμενη με την αρμόδια υπηρεσία της δημοτικής αρχής και στα πλαίσια του προγράμματος εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων με τίτλο "Εθελοντισμός και Οικιακή Κομποστοποίηση", διοργανώνει πρόγραμμα διαλογής και κομποστοποίησης στην πηγή για το οργανικό κλάσμα των οικιακών απορριμμάτων (απόβλητα κουζίνας) και τα κηπευτικά-πράσινα απόβλητα που προκύπτουν από τις σχετικές εργασίες.

Στα πλαίσια του εν λόγω προγράμματος, η δημοτική αρχή διένειμε δωρεάν σε 60 περίπου οικογένειες ισάριθμους ειδικούς κάδους για τη συγκέντρωση και κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων.

Το κόμποστ που παράγεται από την ανωτέρω δραστηριότητα, χρησιμεύει ως εδαφοβελτιωτικό και οι οικογένειες το εκμεταλλεύονται για ίδια χρήση σε κήπους ή γλάστρες με φυτά.

Η Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης υλοποίησε στα τέλη του 2004, σε συνεργασία με την *Κοινότητα Άνοιξης* ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα ενημέρωσης και

ευαισθητοποίησης των νέων της Κοινότητας, με θέμα την Οικιακή Κομποστοποίηση. Στόχος του προγράμματος ήταν η εξοικείωση των νέων με την κομποστοποίηση και η πρακτική εφαρμογή της με ειδικούς κάδους, που προμήθευσε η Κοινότητα. Στα πλαίσια αυτού του προγράμματος, όλα τα δημοτικά και γυμνάσια της κοινότητας συμμετείχαν στις ενημερωτικές παρουσιάσεις της Οικολογικής Εταιρείας Ανακύκλωσης.

Στην περιοχή της *Αττικής*, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε ένα πρότυπο σύστημα διαλογής και κομποστοποίησης στην πηγή, μέσω του προγράμματος COMWASTE. Ο κύριος τεχνικός και επιστημονικός συντονιστής του προγράμματος είναι το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Επίσης, τρεις Δήμοι της Αττικής εμπλέκονται αρκετά στο πρόγραμμα: ο Δήμος Κηφισιάς, ο δήμος Νέας Χαλκηδόνας και ο Δήμος Αχαρνών.

Σε επιλεγμένα νοικοκυριά από τους παραπάνω Δήμους δόθηκε ειδικός κάδος κομποστοποίησης, ο οποίος έχει σχεδιαστεί – στα πλαίσια του πιλοτικού προγράμματος Life Environment-COMWASTE – για να δέχεται αποκλειστικά το οργανικό κλάσμα από τα απορρίμματα που καθημερινά πετώνται στον κάδο απορριμμάτων κάθε νοικοκυριού.

Ως ‘οργανικά απορρίμματα’ εννοούμε όλα εκείνα τα υπολείμματα των τροφών τα οποία με την πάροδο του χρόνου υπόκεινται σε αποσύνθεση. Σε αυτά δεν περιλαμβάνονται οι πλαστικές ή χάρτινες συσκευασίες των τροφίμων.

Το προϊόν που παράγεται ελέγχεται στα εργαστήρια του ΕΜΠ για να διαπιστωθεί αν τηρεί τις προϋποθέσεις ποιότητας, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό. [31]

Ισπανία

Στην Ισπανία επιτυχημένα προγράμματα διαλογής στην πηγή και κομποστοποίησης των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων συναντάμε στις περιοχές Baix Camp, Barcelona και Montejurra.

Τα προγράμματα αυτά αφορούν στη διαλογή στη πηγή και συλλογή πόρτα - πόρτα του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των οικιακών απορριμμάτων. Το βιοαποδομήσιμο

οργανικό κλάσμα μετά τη διαλογή και συλλογή του μεταφέρεται με φορτηγά σε κεντρική μονάδα κομποστοποίησης.

Η διαλογή στην πηγή γίνεται στα νοικοκυριά, με χρήση σακουλών από κομποστοποιήσιμο ή ανακυκλωμένο πλαστικό ή χαρτί και κάδους για τη συλλογή του βιοαποδομήσιμου κλάσματος. Αυτές αποτίθενται σε ειδικούς κάδους που μπορεί να βρίσκονται στις αυλές των σπιτιών ή έξω απ' αυτά. Το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των κάδων, οι οποίοι περιλαμβάνουν και κάδους από μεγάλους παραγωγούς, συλλέγεται από απορριμματοφόρα και οδηγούνται στην κεντρική μονάδα κομποστοποίησης.

Η υφιστάμενη αγορά για το οργανικό προϊόν είναι ιδιώτες (χρήση σε κήπους) και γεωργούς που το χρησιμοποιούν για προετοιμασία του εδάφους πριν τη σπορά. Επίσης έχει χρησιμοποιείται ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ και σε εργασίες αναδάσωσης (Baix Camp).

Γαλλία

Στη Γαλλία οι περιοχές που εφαρμόζουν με επιτυχία προγράμματα συγκεντρωτικής κομποστοποίησης είναι οι Baraume, Niort και Gironde.

Για τις περιοχές Baraume και Niort κάδοι έχουν δοθεί σε ορισμένο αριθμό νοικοκυριών για την συλλογή των απορριμμάτων κουζίνας και κήπου. Ειδικά οχήματα προαγματοποιούν τη συλλογή των κάδων ανακύκλωσης και τα απορρίμματα καταλήγουν τελικά σε μονάδα κομποστοποίησης για επεξεργασία.

Στην περιοχή της Gironde τα νοικοκυριά μπορούν να αποθέτουν εθελοντικά τα απόβλητα κήπων και τα βιοαποδομήσιμα απορρίμματά τους (λαχανικά και υπολείμματα φρούτων μόνο), σε κοντέινερ που βρίσκονται τοποθετημένα σε δημόσιους χώρους. Στη συνέχεια τα βιοαποδομήσιμα απορρίμματα οδηγούνται στο Κέντρο Ανακύκλωσης της περιοχής.

Στην περιοχή της Baraume το κόμποστ που παράγεται πωλείται σε έναν αγροτικό συναιτερισμό, ο οποίος στη συνέχεια πουλά το προϊόν στους αγρότες.

Ιρλανδία

Στην Ιρλανδία υπάρχουν δύο είδη προγραμμάτων που εφαρμόζονται και αφορούν την οικιακή κομποστοποίηση.

Στο Cork εφαρμόζεται το πρόγραμμα κομποστοποίησης των «πράσινων» απορριμμάτων.

Αυτό περιλαμβάνει τον τεμαχισμό και την κομποστοποίηση των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων. Εφαρμόζεται κυρίως στους χώρους υγειονομικής ταφής και στους χώρους απόθεσης ογκωδών απορριμμάτων, όπου τα βιοαποδομήσιμα απορρίμματα αντί να εκτρέπονται από τη ροή της τελικής διάθεσης και υπόκεινται σε βιολογική επεξεργασία (κομποστοποίηση).

Το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται από τις τοπικές αρχές σε κοινόχρηστους χώρους όπως πλατείες, πάρκα κλπ.

Στις περιοχές του Tralee και Limerick ως μέρος του προγράμματος δόθηκαν σε επιλεγμένα νοικοκυριά ειδικοί τροχοφόροι κάδοι για τη συλλογή των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων (κουζίνας και κήπου). Το περιεχόμενο των τροχοφόρων κάδων συλλέγεται από απορριμματοφόρα και μεταφέρεται στο χώρο κομποστοποίησης για περαιτέρω επεξεργασία.

Στο Tralee, το κόμποστ διατίθεται στο κοινό δωρεάν, ενώ σχεδιάζεται από το συμβούλιο και η χρήση του για εργασίες αποκατάστασης τοπίου. Στο Limerick η υπηρεσία Πάρκων του Δήμου του Limerick χρησιμοποιεί το κόμποστ κατά τη φύτευση δέντρων.

Ιταλία

Ο Δήμος του Cupello, της Monza και η Padova πραγματοποιούν στην Ιταλία με επιτυχία προγράμματα κομποστοποίησης.

Στα νοικοκυριά έχει δοθεί κάδος για τα βιοαποδομήσιμα οικιακά απορρίμματα τροφών. Για τις πολυκατοικίες, τα κυλικεία και τα οπωροπωλεία έχουν προβλεφθεί μεγαλύτερης χωρητικότητας κάδοι. Τα απορρίμματα κήπων οδηγούνται απευθείας από τους παραγωγούς τους στο χώρο επεξεργασίας. Τα απορρίμματα τροφών και τα απορρίμματα κήπων στέλνονται σε διαφορετικές μονάδες κομποστοποίησης στο

Δήμο της Monza και τη Padova. Η συλλογή των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων γίνεται πόρτα – πόρτα.

Στην Padova το κόμποστ διανέμεται δωρεάν κυρίως στους κατοίκους και στις μεγάλες γεωργικές εγκαταστάσεις κοντινών χωριών, όπως έχει συμφωνηθεί με τις τοπικές αρχές.

Πορτογαλία

Στην Πορτογαλία για τις περιοχές στις οποίες διεξάγονται προγράμματα κομποστοποίησης, Amges και Liror, η διαλογή στην πηγή γίνεται σε επίπεδο νοικοκυριών.

Οι κατοικίες μπορούν να προμηθευτούν βιοαποδομήσιμες πλαστικές σακούλες ή ειδικούς κάδους για τα βιοαποδομήσιμα και μικτά απορρίμματα. Για τις πολυκατοικίες, τα εστιατόρια, τις λαϊκές αγορές και τις επιχειρήσεις διατίθενται μεγαλύτεροι κάδοι. Η συλλογή γίνεται από φορητά και τα απορρίμματα οδηγούνται σε κεντρικές μονάδες κομποστοποίησης που υπάρχουν στην κάθε περιοχή. Επιπλέον, τα βιοαποδομήσιμα απορρίμματα μπορούν να μεταφερθούν εθελοντικά από τους παραγωγούς τους σε οικολογικά κέντρα. Τα απορρίμματα κήπων και τα ξύλα συλλέγονται χωριστά, ενώ τα νοικοκυριά πρέπει να ειδοποιούν για τη συλλογή τους τις δημοτικές υπηρεσίες τηλεφωνικά. Εναλλακτικά, τα απορρίμματα αυτού του τύπου μπορούν να μεταφερθούν απευθείας από τον παραγωγό τους σε ένα οικολογικό κέντρο.

Ηνωμένο Βασίλειο

Στο Ηνωμένο Βασίλειο εφαρμόζονται δύο είδη προγραμμάτων.

Στην περιοχή Agyn πραγματοποιείται οικιακή κομποστοποίηση. Συστήθηκε στους κατοίκους να τοποθετούν τα απορρίμματα κήπων και υπολειμμάτων τροφών (συμπεριλαμβανομένων των υπολειμμάτων από κρέας και ψάρια) σε κάδους κομποστοποίησης και να χρησιμοποιήσουν το τελικό προϊόν στους κήπους τους.

Στο Castle Morpeth και το Wye στα νοικοκυριά έχουν δοθεί κάδοι για τα βιοαποδομήσιμα οικιακά απορρίμματα (συμπεριλαμβανομένων και των

υπολειμμάτων από κρέας, ψάρια και λαχανικά). Τα απορρίμματα κήπων συλλέγονται χωριστά.

Τα βιοαποδομήσιμα απορρίμματα μεταφέρονται σε κεντρική μονάδα κομποστοποίησης.

ΗΠΑ

Προγράμματα οικιακής κομποστοποίησης εφαρμόζονται και στις ΗΠΑ.

Στη πόλη της Νέας Υόρκης, το Bellport και το Hutchinson κάδοι κομποστοποίησης μοιράστηκαν σε σπίτια αλλά και σε οπωροπωλεία και μεγάλες καφετέριες επιχειρήσεων και σχολείων (Hutchinson) για τη διαλογή του οργανικού κλάσματος.

Κάναδας

Στο πιλοτικό πρόγραμμα συγκομποστοποίησης του Sault Ste. Marie γίνεται διαλογή στην πηγή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων, και συλλογή του από το δήμο.

Για το διαχωρισμό και τη συλλογή του οργανικού κλάσματος, δόθηκαν στους κατοίκους:

- § ένας κάδος συλλογής, ο οποίος τοποθετήθηκε στην κουζίνα
- § σακούλες συλλογής του απορριμμάτων φαγητού
- § σακούλες συλλογής των πράσινων απορριμμάτων
- § ένας εξωτερικός κάδος συλλογής των απορριμμάτων

Μετά τη συλλογή του οργανικού κλάσματος, αυτό μεταφέρεται στη μονάδα κομποστοποίησης, όπου αναμειγνύεται με ιλύ προερχόμενη από μονάδες βιολογικού καθαρισμού.

Στον **Πίνακα 10.1** συγκεντρώνονται οι επιτυχημένες περιπτώσεις διαλογής και αξιοποίησης οργανικού κλάσματος στην πηγή σε Ευρώπη, ΗΠΑ και Καναδά. [31]

Πίνακας 10.1: Επιτυχημένες περιπτώσεις διαλογής και αξιοποίησης οργανικού κλάσματος στην πηγή

Χώρα	Πόλη	Τύπος προγράμματος	Τι άλλο	Αριθμός	Ποσότητα	Ποσότητα
------	------	--------------------	---------	---------	----------	----------

			ανακυκλώνεται εκτός απο βιοαποδομήσιμα απορρίμματα	νοικοκυριών /πληθυσμός που καλύπτει το πρόγραμμα	οργανικών απορριμμάτων που συλλέγονται κατ'έτος (t/έτος)	παραγόμεν ου κόμποστ (t / έτος)
Ισπανία	Baix Camp	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	-	25000 κάτοικοι 8000 νοικοκυριά	4000	360
	Barcelona	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Χαρτί, γυαλί, συσκευασίες, άλλα μη βιοαποδομήσιμα απορρίμματα	137000 κάτοικοι 55000 νοικοκυριά	10700	1900
	Montejurra	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Χαρτί, γυαλί, ογκώδη απορρίμματα και υφάσματα σπιτιών	52000 κάτοικοι 23000 νοικοκυριά	10000	2000
Γαλλία	Gironde	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Χαρτόνια και υφάσματα	20000 νοικοκυριά	36000	24000
	Niort	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	υλικά συσκευασίας, χαρτόνια, πλαστικά, ξύλα	12000 νοικοκυριά	Περίπου 8500	4511
	SIVOM de Bapaume	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	χαρτόνια συσκευασιών	23600 νοικοκυριά	6000	2500
Ιταλία	Cupello	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Χαρτί, πλαστικό, ξηρά μη ανακυκλώσιμα υλικά	4200 νοικοκυριά	315	
	Monza	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Γυαλί, χαρτί, πλαστικό και μικτά απορρίμματα	119060 κάτοικοι	10000	
	Padova	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Γυαλί, χαρτί και χαρτόνια, πλαστικό, μικτά απορρίμματα	205000 κάτοικοι	16500	
Ιρλανδία	Cork	Πρόγραμμα 'πράσινων' απορριμμάτων	-	280000 κάτοικοι	1000	
	Kerry	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Άλλα οικιακά απορρίμματα	5600 κάτοικοι 1766 νοικοκυριά	500	
	Limerick	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	-	2800 νοικοκυριά	950	450
Πορτογαλί α	Amres	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	Ξύλο, χαρτί, χαρτόνια, συσκευασίες, πλαστικό, γυαλί, μπαταρίες	150000 νοικοκυριά	250000	15000
	Lipor	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	χαρτόνια και χαρτί συσκευασίας, πλαστικό, μέταλλα και γυάλινες συσκευασίες.	50000 κάτοικοι	30000	29000

Ηνωμένο Βασίλειο	Arun	Οικιακή κομποστοποίηση	-	140000 κάτοικοι		
	Castle Morpeth	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	μέταλλα, χαρτί, γυαλί και πλαστικά	20400 νοικοκυριά	5000	3000
	Wycysle	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	γυαλί, χαρτί, μέταλλα και υφάσματα.	1000 νοικοκυριά	250	70
Η.Π.Α	Bellport New York	Διαλογή και κομποστοποίηση στην πηγή	-	16 νοικοκυριά		
	New York city	Διαλογή και κομποστοποίηση στην πηγή	-			
	Minneapolis	Διαλογή και κομποστοποίηση στην πηγή	-			
Καναδάς	Sault Ste. Marie	Διαλογή στην πηγή και συγκεντρωτική κομποστοποίηση	-	600 νοικοκυριά		

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Eurostat waste generated treated in Europe (data 1995 -2003).

[2] Official Journal of the European Communities L 242/17 Commission Decision of 28 August 2001 establishing ecological criteria for the award of the Community eco-label to soil improvers and growing media (Text with EEA relevance) (notified under document number C(2001) 2597) (2001/688/EC).

[3] Official Journal of the European Communities L 182/1 COUNCIL DIRECTIVE 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste.

[4] Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων L 257/26 ΟΔΗΓΙΑ 96/61/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 24^{ης} Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης.

[5] Χαμπούρης Ευάγγελος ,<<Έρευνα για την χρήση πρόσθετων στην παραγωγή εδαφοβελτιωτικού από οργανικό κλάσμα απορριμάτων σε πρότυπο σύστημα οικιακής κομποστοποίησης >>,διπλωματική εργασία ,διπλωματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών :<<συστήματα αυτοματοποίησης>>,Ε.Μ.Π.,Αθήνα 2009.

[6] Official Journal of the European Communities L 181/6 COUNCIL DIRECTIVE of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (86/278/EEC).

[7] Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων L 194 ΟΔΗΓΙΑ 75/442/ΕΟΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 15^{ης} Ιουλίου 1975 περί των στερεών αποβλήτων.

[8] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 114/9 ΟΔΗΓΙΑ 2006/12/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 5^{ης} Απριλίου 2006 περί των στερεών αποβλήτων.

[9] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 312/3 ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19^{ης} Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών.

[10] Wrap. «Comparison Of Compost Standards Within the EU, North America and Australasia» Written by: Dominic Hogg, Josef Barth, Enzo Favoino, Massimo Centemero, Valentina Caimi, Florian Amlinger, Ward Devliegher, Will Brinton and Susan Antler. Published by: The Waste and Resources Action Programme. June 2002.

[11] Ειδική μόνιμη επιτροπή προστασίας περιβάλλοντος της Βουλής, «Συμπεράσματα και προτάσεις για τη βιώσιμη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων στην Αττική». Αθήνα Μάιος 2009.

[12] Παναρέτου Βασιλική, «Χρήση πρότυπου οικιακού κομποστοποιητή για τη διαχείριση οργανικού κλάσματος απορριμμάτων», Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2008.

[13] Α. Ανδρεαδάκης «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», σημειώσεις για το μάθημα Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων και Ιλύος Αρχές και Μέθοδοι Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, ΕΜΠ.

[14] Μαρία Λοιζίδου, «Στερεά απόβλητα», σημειώσεις για το μάθημα: Περιβαλλοντική Επιστήμη, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2006.

[15] Δ. Λάλας, Ε. Γεωργοπούλου, Ε. Γιδάρακος, Ρ. Γκέκας, Α. Λαζαρίδη, Α. Μαυρόπουλος, Σ. Μοιρασγεντής, Ν. Σελλάς, Σχέδιο τελικής έκθεσης προς το ινστιτούτο τοπικής αυτοδιοίκησης για την μελέτη «Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων» , Αθήνα Απρίλιος 2007.

BIBΛIOΓPAΦIA

[16] Ευάγγελος Γιδάρακος, «Διαχείριση και Επεξεργασία Αστικών Απορριμμάτων», Σημειώσεις Μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Εργαστήριο τοξικών και επικινδύνων αποβλήτων, Απρίλιος 2007.

[17] Αντώνης Α. Ζορπάς, «Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Κομποστοποίηση της Ιλύος με Χρήση Ζεόλιθων», Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1999

[18] British Columbia, Ministry of Agriculture and Food, «The Composting process», Order No. 382.500-2, Agdex: 537/727, September, 1996

[19] Μάρκος Μαργαρίτης, «Ανάπτυξη Συστημάτων Δέσμευσης Βαρέων Μετάλλων από Σταθεροποιημένα Οργανικά Στερεά Απόβλητα», Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2005.

[20] Luis F. Diaz, George M. Savage, Linda L. Eggerth, Clarence g. Golueke (1993), “Composting and Recycling, Municipal Solid Waste”, Luwis Publishers.

[21] Frank Kreith (1994), “Handbook of Solid Waste Management”, McGrew-Hill.

[22] Β.Ι. Μακρή, Δ. Κέκου (2001), «Αρχές Βιοτεχνολογίας», Σημειώσεις μαθήματος, Εκδόσεις ΕΜΠ.

[23] Χρίστου Δ. Θωμόπουλος (1986), «Επιστήμη και Τεχνική των Τροφίμων», Εκδόσεις ΕΜΠ.

[24] John McMurry (2002), «Οργανική Χημεία», Τόμος ΙΙ, 3^η Έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

[25] Π. Ταούκης (2001), «Χημεία και Τεχνολογία Τροφίμων, Σημειώσεις από τις παραδόσεις», Εκδόσεις ΕΜΠ.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[26] Απόστολος Βλυσίδη, «Σχεδιασμός Εγκαταστάσεων Αντιρρύπανσης Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων», Εκδόσεις ΕΜΠ, 2005.

[27] Φώτης Ρήγας, «Επιστήμη και Τεχνολογία Περιβάλλοντος», Εκδόσεις ΕΜΠ, 2004.

[28] Χαρίκλεια Μιχαλοπούλου, Νομοθεσία για το Περιβάλλον, Εδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2004.

[29] A.A. Zorpas *, T. Constantinides, A.G. Vlyssides, I. Haralambous, M. Loizidou, Heavy metal uptake by natural zeolite and metals partitioning in sewage sludge sompost, *Bioresource Technology* 72 (2000).

[30] Εμμανουήλ Φραγγελάκης, « Κομποστοποίηση Οργανικού Κλάσματος Οικιακών Απορριμμάτων», Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2006.

[31] «Καταγραφή και Ανάλυση των Επιτυχημένων Πρακτικών σχετικά με τη Διαχείριση των Βιοαποδομήσιμων Οικιακών Απορριμμάτων στην πηγή» (2005), Παραδοτέα Task 2, COMWASTE, Πρόγραμμα LIFE.