



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

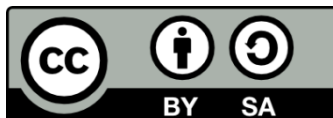


Διαχείριση Αποβλήτων

Ενότητα 7: Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας
(κομποστοποίηση, αναερόβια χώνευση, βιολογική
ξήρανση)

Κατερίνα Παπαϊκονόμου

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και
Περιφερειακής Ανάπτυξης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

- Η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική μέθοδος επεξεργασίας του ζυμώσιμου κλάσματος των απορριμμάτων. Μπορεί να θεωρηθεί ως μία μορφή ανακύκλωσης εφόσον έχει σκοπό τα ζυμώσιμα των απορριμμάτων να μετατραπούν σε εδαφοβελτιωτικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία.
- Η κομποστοποίηση έχει εφαρμοσθεί ελάχιστα στην Ελλάδα.
- Η Μηχανική Διαλογή και Κομποστοποίηση αποτελεί μια σημαντική μέθοδο διαχείρισης των αστικών αποβλήτων, κυρίως σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης. Ειδικά στη Γερμανία και στην Αυστρία ο διαχωρισμός των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων με μηχανικά μέσα και η κομποστοποίηση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος εφαρμόζονται ήδη συστηματικά για περίπου τρεις δεκαετίες και οι διάφορες τεχνολογίες έχουν ήδη αξιολογηθεί στην πράξη (Στοιλόπουλος, 2002).

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (1)

- Η Η.Π. 29407/3508/2002, που ενσωματώνει στο Εθνικό Δίκαιο την Κοινοτική Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή (1999/31/ΕΚ) θέτει σταδιακά αυξανόμενους στόχους για την εκτροπή των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων (ΒΑΑ) από την υγειονομική ταφή: έως τον Ιούλιο του 2010, 2013 και 2020 μόνο το 75, 50 και 35% κατά βάρος, αντίστοιχα, των ΒΑΑ που παρήχθησαν το 1995, θα μπορούν να διατίθενται με τη μέθοδο της υγειονομικής ταφής (syzefxis.gov.gr/syn/4/lasaridi.doc).
- Η εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (Δήμος Καλαμάτας) έχει σχετικά μικρή δυναμικότητα ($\cong 90 \text{ tn/day}$) και η μέχρι τώρα λειτουργία της, παρότι δεν έγινε ποτέ συστηματική αξιολόγηση, δεν αποτελεί ενθαρρυντικό παράδειγμα. Κόστος 5 εκ. ευρώ.

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (2)

- Η εγκατάσταση στα Αν. Λιόσια σχεδιάστηκε να επεξεργάζεται 1.200 tn/day, μαζί με 300 tn λυματολάσπης και 130 tn κλαδέματα και να παράγει RDF κάποια ανακυκλώσιμα, κομπόστ και υπολείμματα για το ΧΥΤΑ. Κόστος πάνω από 100 εκ. Ευρώ.
- Η εγκατάσταση στα Χανιά είναι το καλύτερο παράδειγμα. Δέχεται πάνω από 160 tn/day. Από το 2005 έως το 2010 έχουν ανακτηθεί πάνω από 30.000 τόνοι ανακυκλώσιμα υλικά και πάνω από 35.000 τόνοι ζυμώσιμων και οργανικών υλικών έχουν οδηγηθεί προς κομποστοποίηση (Στοιλόπουλος, 2002).

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (3)

- Το 2003 εκπονήθηκε, μετά από ανάθεση του ΥΠΕΧΩΔΕ, ο Σχεδιασμός για τη Διαχείριση του Βιοαποδομήσιμου Κλάσματος των ΒΑΑ, με στόχο τον προσδιορισμό των υποχρεώσεων της Ελλάδας που προκύπτουν από την εφαρμογή της Οδηγίας 99/31/ΕΚ.
- Στόχοι του Σχεδιασμού ήταν α) η εκτίμηση των ποσοτήτων ΒΑΑ που θα πρέπει να εκτραπούν σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα της Οδηγίας, με βάση διαφορετικά σενάρια εξέλιξης της ποσότητας και της σύνθεσης των παραγόμενων ΑΣΑ, β) ο υπολογισμός της απαιτούμενης δυναμικότητας επεξεργασίας για την επίτευξη των στόχων εκτροφής και ανά Περιφέρεια, λαμβάνοντας υπ' όψη και την εκτροφή του χαρτιού και γ) η διαμόρφωση κριτηρίων των διαφορετικών τεχνολογιών και συστημάτων επεξεργασίας των ΒΑΑ.

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (4)

- Καθώς ως έτος αναφοράς για τον υπολογισμό των ποσοτήτων των ΒΑΑ που επιτρέπεται να διατεθούν σε ΧΥΤΑ τίθεται το 1995, για το οποίο δεν υπάρχουν στην Ελλάδα επίσημα στοιχεία, η ποσότητα ΑΣΑ το έτος αναφοράς υπολογίστηκε στους 3.674.985 τόνους με γραμμική παλινδρόμηση για τις ποσότητες από το 1990 έως το 2001 ($r^2=0,996$) (syzefxis.gov.gr/syn/4/lasaridi.doc).
- Με βάση τη μέση επίσημη σύσταση των ΑΣΑ η ποσότητα των ΒΑΑ (ζυμώσιμα και χαρτί) το 1995 ανήλθε σε 2.462.240 τόνους. Συνεπώς τα έτη 2010, 2013 και 2020 επιτρέπεται να οδηγούνται σε ταφή 1.846.680, 1.231.120, και 861.784 τόνοι ΒΑΑ αντίστοιχα.

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (5)

- Για να υπολογιστεί η απαιτούμενη δυναμικότητα σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΒΑΑ θα πρέπει να εκτιμηθεί η προβλεπόμενη ποσότητα και σύνθεση των ΑΣΑ.
- Στο σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν 3 σενάρια για την ποσοτική μεταβολή και 2 για τη μεταβολή της σύστασης, τα τελευταία με βάση την εμπειρική εκτίμηση των μελετητών και τις υπάρχουσες μετρήσεις και όχι κάποιο μοντέλο πρόβλεψης, καθώς η ένδεια στοιχείων δεν επιτρέπει την παραγωγή αξιόπιστων μοντέλων (syzefxis.gov.gr/syn/4/lasaridi.doc).

ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ

ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΠΟΣΟΣΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

	Ποσότητες		Σύνθεση - Ανακύκλωση
Σ1	Ετήσια αύξηση 1% (αισιόδοξο).	ΣΑ	Σταθερή σύσταση ΑΣΑ (47% ζυμώσιμα και 20% χαρτί), σταθερή ανακύκλωση χαρτιού 435.000 τόνοι/έτος (ρεαλιστικό).
Σ2	Ετήσια αύξηση 1,5% (ρεαλιστικό).	ΣΒ	Μείωση των ζυμώσιμων (35% των ΑΣΑ) και αύξηση του χαρτιού (30% των ΑΣΑ) με 50% ανακύκλωση χαρτιού (αισιόδοξο).
Σ3	Ετήσια αύξηση 3% (απαισιόδοξο).		

Πηγή: (syzefxis.gov.gr/syn/4/lasaridi.doc).

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (1)

- Η παραγωγή κομπόστ (οργανοχουμικό βελτιωτικό εδάφους από οικιακά, πράσινα και εμπορικά απόβλητα) στη Γερμανία έφθασε το 1999 στα 4,2 εκατ. τόνους και το δίκτυο συλλογής κάλυπτε το 35% των νοικοκυριών της χώρας. Η διάθεση του κομπόστ έγινε κυρίως στη γεωργία (36%), στις αναπλάσεις τοπίου (21%) και στους ιδιωτικούς κήπους (14%) (Στοιλόπουλος, 2002).
- Στην Αυστρία γίνεται κομποστοποίηση του 38% των απορριμμάτων. Συνολικά η επεξεργασία των απορριμμάτων με καύση, ανακύκλωση και κομποστοποίηση ανέρχεται στο 87% ενώ η υγειονομική ταφή στο 13%.

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (2)

- Στη Γερμανία το αντίστοιχο ποσοστό κομποστοποίησης είναι 18%. Συνολικά καύση, ανακύκλωση, κομποστοποίηση 99% και η υγειονομική ταφή 1%.
- Στο Βέλγιο το αντίστοιχο ποσοστό κομποστοποίησης είναι 23%. Συνολικά καύση, ανακύκλωση, κομποστοποίηση 96% και η υγειονομική ταφή 4%.
- Στην Ελλάδα κομποστοποιείται μόλις το 2% των απορριμμάτων, ανακυκλώνεται το 14% και θάβεται το 84% (sek-hellas.gr/index.php/kompostopoiisi)!

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΜΠΟ/ΣΗΣ (1)

Οι βασικοί παράγοντες και οι μεταβλητές που εξετάζονται, προκειμένου να αξιολογηθεί η βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων κομποστοποίησης είναι (Στοϊκόπουλος, 2002):

- Το κόστος μεταφοράς (κεντρικές ή απομονωμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, απευθείας μεταφορά, μεταφόρτωση).
- Το κόστος μηχανικής επεξεργασίας και διαχωρισμού υλικών, πριν από την κομποστοποίηση (μείωση της μάζας του εισερχόμενου στην εγκατάσταση υλικού για κομποστοποίηση, κόστος για τη αξιοποίηση επεξεργασία /διάθεση).

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΜΠΟ/ΣΗΣ (2)

- Η κομποστοποίηση (συστήματα, χρονική διάρκεια κομποστοποίησης, μείωση μάζας του υλικού κατά τη κομποστοποίηση).
- Το κόστος διάθεσης /προσωρινή απόθεση κομπόστ.
- Το κόστος θερμικής επεξεργασίας (σε περίπτωση παραγωγής RDF).
- Το κόστος τελικής διάθεσης /αξιοποίησης της τέφρας από ενδεχόμενη θερμική επεξεργασία.
- Η ποσοστιαία εκμετάλλευση της δυναμικότητας των επιμέρους συστημάτων της μονάδας.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ (1)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

- Η κατασκευή και λειτουργία ΕΜΔΚ προβάλλεται σχεδόν σε όλους τους νομαρχιακούς – περιφερειακούς σχεδιασμούς ως απολύτως «επιτακτική» ανάγκη), χωρίς να λαμβάνονται υπόψη η Συγκεντρωτική Κομποστοποίηση με διαλογή στη πηγή και η «ατομική» κομποστοποίηση σε επίπεδο νοικοκυριού αλλά και να υποβαθμίζεται η σημασία των ΚΔΑΥ, με αποτέλεσμα οι σχεδιασμοί – στη πλειοψηφία τους - να μη θεωρούνται «ρεαλιστικοί» και εφαρμόσιμοι.
- Η χρηματοδότηση όλων των προβλεπόμενων ΕΜΔΚ αποκλειστικά από δημόσιες δαπάνες θα πρέπει ν' αποκλειστεί, λόγω του πολύ υψηλού επενδυτικού και λειτουργικού κόστους των ΕΜΔΚ, γεγονός που δεν αναμένεται να προκαλέσει το επενδυτικό ενδιαφέρον του ιδιωτικού τομέα.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ (2)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

- Η σχετική εμπειρία και η τεχνογνωσία είναι ελάχιστη.
- Η αγορά δευτερογενών υλικών δεν είναι εξασφαλισμένη, καθώς δεν υπάρχει ούτε έρευνα αγοράς σε εθνικό επίπεδο.
- Με δεδομένο ότι η επένδυση σε ΕΜΔΚ πρέπει να πραγματοποιείται μόνο εφόσον αυτή συνδέεται με ενεργειακή αξιοποίηση των υλικών υψηλής θερμογόνου δύναμης, απαιτούνται και σχετικές μονάδες αποτέφρωσης (π.χ. του RDF), γεγονός που πρέπει, επί του παρόντος τουλάχιστον, ν' αποκλειστεί εξαιτίας του υψηλού τους κόστους (Στοϊκόπουλος, 2002).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ (3)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

- Η «λύση» της εναπόθεσης υπολειμμάτων από ΕΜΔΚ σε ανενεργά λατομεία, όπως και η «λύση» της αποτέφρωσης στη τσιμεντοβιομηχανία θα πρέπει ν' επανεξεταστούν σε βάθος ως προς την οικολογική τους διάσταση και την εφαρμοσιμότητά τους.
- Η οργάνωση και η λειτουργία αξιόπιστων φορέων εκμετάλλευσης / λειτουργίας παρουσιάζει αντικειμενικές δυσκολίες, που με τις υπάρχουσες συνθήκες δύσκολα μπορούν να ξεπεραστούν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ (4)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

- Οι υπερβολικά μεγάλης δυναμικότητας ΕΜΔΚ είναι αμφίβολο αν ανταποκρίνονται πλήρως α) στις απαιτήσεις προστασίας του περιβάλλοντος και β) στην απαιτούμενη ποιότητα των δευτερογενών υλικών.
- Οι σχεδιασμοί για την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων πρέπει να συμπεριλάβουν τη Συγκεντρωτική Κομποστοποίηση με διαλογή στη πηγή και τα ΚΔΑΥ, όχι μόνο λόγω της περιβαλλοντικής τους σπουδαιότητας αλλά και επειδή έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να προσελκύσουν και ιδιωτική συμμετοχή (Στοικόπουλος, 2002).

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (1)

- Μικρό (το μικρότερο) επενδυτικό και λειτουργικό κόστος.
- Μεγάλη κοινωνική αποδοχή.
- Έχει μικρό χρόνο κατασκευής.
- Δεν παράγει επικίνδυνα – τοξικά αέρια ή καρκινογόνες ουσίες.
- Δεν παράγει τοξικά στερεά κατάλοιπα (Κανακόπουλος, 2011).

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Ευνοείται και ενθαρρύνεται η μείωση και ανακύκλωση όλων των βασικών υλικών.
- Έχει καλύτερες επιδόσεις σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και την ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με άλλες μεθόδους διαχείρισης.
- Δεν υπάρχει ανάγκη να δεσμεύονται οι τοπικές κοινωνίες με μακροχρόνιες συμβάσεις ποσότητας και ποιότητας των εισερχομένων υλικών, με κίνδυνο την επιβολή χρηματικών ποινών στους ΟΤΑ και κατ' επέκταση στους δημότες.
- Δημιουργεί τετραπλάσιες θέσεις εργασίας από τις άλλες διαθέσιμες τεχνολογίες, όπως οι ΧΥΤΑ και η θερμική επεξεργασία.
- Είναι πολύ απλούστερη τεχνολογία και με μικρή εξάρτηση από τους προμηθευτές.
- Θέλει τους δημότες ενημερωμένους και ενεργούς (Κανακόπουλος, 2011).

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Καταλαμβάνει περισσότερο χώρο.
- Απαιτεί να τοποθετηθεί ξεχωριστός κάδος για την (ΔσΠ) των οικιακών οργανικών και να γίνεται ξεχωριστή αποκομιδή (Κανακόπουλος, 2011).

Υλικά προς ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ (1)

- Το οργανικό κλάσμα των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) από σύμμικτα απόβλητα.
- Το προδιαλεγμένο οργανικό κλάσμα. (Από διαλογή στη πηγή).
- Τα «Πράσινα» αστικά υλικά (κλαδέματα από πάρκα, δρόμους, κήπους, κατοικίες κ.α.).
- Τα υπολείμματα καλλιεργειών και θερμοκηπίων.
- Κορμοί δένδρων, υπολείμματα καμένων εκτάσεων.
- Οργανικά υπολείμματα βιομηχανιών τυποποίησης και επεξεργασίας τροφίμων π.χ. ντοματοβιομηχανίες, γαλακτοβιομηχανίες, κονσερβοβιομηχανίες κ.α.

Υλικά προς ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ (2)

- Ληγμένα τρόφιμα.
- Ιλύς βιολογικών καθαρισμών.
- Κτηνοτροφικά – πτηνοτροφικά απόβλητα – κοπριές.
- Υπολείμματα οινοποιείων, ζυθοποιείων.
- Απόβλητα ελαιοτριβείων.
- Απόβλητα τυροκομείων (Κανακόπουλος, 2011).

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες επεξεργασίας των βιολογικών αποβλήτων είναι οι παρακάτω (Βαρελά, 2011):

- η **κομποστοποίηση**, η οποία ταξινομείται ως ανακύκλωση όταν το προϊόν της, το κόμποστ, χρησιμοποιείται στο έδαφος ως καλλιεργητικό μέσο. Αν δεν προβλέπεται αυτή η χρήση, ταξινομείται ως διαδικασία προεπεξεργασίας πριν την υγειονομική ταφή ή την καύση. Η κομποστοποίηση είναι η περισσότερο διαδεδομένη επιλογή επεξεργασίας (95% των υπαρχόντων εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας).
- η **αναερόβια χώνευση**, η οποία είναι κατάλληλη για την επεξεργασία υγρών βιολογικών αποβλήτων, που περιλαμβάνουν λίπος (απόβλητα κουζίνας). Παράγει μείγμα αερίων (κυρίως μεθάνιο - 50 έως 75% - και διοξείδιο του άνθρακα) σε ελεγχόμενους αντιδραστήρες.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (2)

- η **βιολογική ξήρανση**, η οποία είναι αερόβια ξήρανση και είναι εναλλακτική ή συνοδευτική τεχνική της αερόβιας κομποστοποίησης. 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. Το τελικό προϊόν της επεξεργασίας είναι ένα στερεό σταθεροποιημένο υλικό, το οποίο ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δευτερογενές καύσιμο βιομάζας ή να οδηγηθεί σε υγειονομική ταφή.

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

- Η κομποστοποίηση είναι ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς κατά την οποία σχηματίζεται ένα σταθερό, χουμικό προϊόν, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπόστρωμα. Η λέξη «ελεγχόμενη» είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί είναι εκείνη που διαχωρίζει τη κομποστοποίηση από τη βιολογική αποικοδόμηση που γίνεται στη φύση και είναι υπεύθυνη για την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων (Βαρελά, 2011).

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (1)

(Θεοχάρη κ.α., 2006)

Μηχανική επεξεργασία + Αερόβια κομποστοποίηση

- Ανακυκλώσιμα ή/και RDF.
- Βιοσταθεροποιημένο υλικό για κομπόστ ή κάλυψη ΧΥΤΑ ή αποκατάσταση εδαφών.

Μηχανική επεξεργασία + Αναερόβια χώνευση.

- Ανακυκλώσιμα ή/και RDF.
- Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας.
- Βιοσταθεροποιημένο απόρριμμα.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (2)

(Θεοχάρη κ.α., 2006)

Μηχανική επεξεργασία + Αναερόβια χώνευση + Αερόβια κομποστοποίηση.

- Ανακυκλώσιμα ή/και RDF.
- Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας.
- Υλικό για αποκατάσταση εδαφών.

Μηχανική επεξεργασία + Βιολογική Ξήρανση.

- Ανακυκλώσιμα σιδηρούχα μέταλλα και αλουμίνιο.
- SRF.

ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ (1)

Η ζύμωση των οικιακών απορριμμάτων αποβλέπει κυρίως στην απόκτηση μια υψηλής θερμοκρασίας, για την αποστείρωση του παραγόμενου υλικού και γίνεται στις τέσσερις παρακάτω φάσεις:

- **Την λανθάνουσα φάση.** Σε αυτήν αντιστοιχεί ο χρόνος που απαιτείται για την δημιουργία των αποικιών των μικροοργανισμών, στο καινούριο μέσο που δημιουργήθηκε για αυτούς.
- **Μεσόφιλος Φάση (Φάση της αύξησης).** Κατά την οποία ανεβαίνει η θερμοκρασία, η οποία εξελίσσεται πιο γρήγορα όταν ο αέρας και το νερό είναι κοντά στην επιθυμητή περιεκτικότητα. Σε αυτήν αναπτύσσονται τα μεσόφιλα μικρόβια που προκαλούν και την έναρξη της ζύμωσης. Στους 45-50°C, όπου ανεβαίνει η θερμοκρασία λόγω της βιοδιάσπασης, τα μεσόφιλα μικρόβια πεθαίνουν

ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ (2)

- **Φάση θερμοφίλος.** Σε αυτή τη φάση ενεργεί ένα άλλο μικροβιακό κύμα, που αντικαθιστά το προηγούμενο και συνεχίζει το έργο της αποδόμησης και ανύψωσης της θερμοκρασίας. Στους 60-70 0C τα θερμοφιλά μικρόβια πεθαίνουν καθώς και οι παθογόμοι μικροοργανισμοί και τα διάφορα μικρόβια (Κόλλια, 1993).
- **Φάση ωρίμανσης:** Με αυτήν τη φάση η διαδικασία τελειώνει. Το κόμποστ φτάνει στο στάδιο ωρίμανσης και περιέχει χουμικά κολλοειδή, που συνδέονται με μεταλλικά στοιχεία (σίδηρος, άζωτο, άσβεστο κλπ) και χούμο που αποτελεί τις σύνθετες οργανικές ενώσεις που προκύπτουν από την αποσύνθεση ζωικών και φυτικών ιστών στο έδαφος. Εδώ συμπληρώνεται ο εποικισμός του υλικού με την πανίδα του εδάφους (γαιοσκώληκες κ.ά.) και επιτελούνται οι τελικές διεργασίες σχηματισμού των χουμικών και φουλβικών ουσιών. Το «ώριμο» πλέον κόμποστ είναι ασφαλές πλέον υγειονομικά . Η ποιότητα του συγκρίνεται πλέον μόνο με αυτήν του φυσικού χούμου (Βαρελά, 2011).

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες «κλειδί» της κομποστοποίησης είναι (Κόλλια, 1993):

- ο λόγος άνθρακα-αζώτου (C: N).
- η υγρασία.
- το οξυγόνο.
- το pH.
- η θερμοκρασία.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (1)

Τα συστήματα κομποστοποίησης αποτελούνται από δυο κατηγορίες (Βαρελά, 2011):

- τα ανοιχτά συστήματα.
- τα κλειστά συστήματα.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (2)

ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (βιοαντιδραστήρες και κλειστά κτίρια).	ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (σειράδια).
<p>Κάθετοι αντιδραστήρες</p> <ul style="list-style-type: none">• Συνεχούς ροής.• Ασυνεχούς ροής. <p>Οριζόντιοι αντιδραστήρες</p> <ul style="list-style-type: none">• Στατικοί.• Με κίνηση του υλικού.	<p>Αναδευόμενοι σωροί (windrows) Στατικοί σωροί (aerated static piles – ASP)</p> <ul style="list-style-type: none">• με απορρόφηση αέρα.• με εμφύσηση αέρα.• με μεταβαλλόμενο αερισμό. (απορρόφηση και εμφύσηση)• με εμφύσηση ή/και απορρόφηση. <p>Αέρα σε συνδυασμό με έλεγχο Θερμοκρασίας.</p>

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

- Ο όρος «αναερόβια χώνευση» (ΑΧ) αναφέρεται στην ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) και οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (ένα μείγμα CH_4 και CO_2 το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας) και ενός υδαρούς υπολείμματος (digestate = χωνεμένη ιλύς).
- Ο βασικός στόχος της μεθόδου είναι η ανάκτηση ενέργειας (υπό μορφή μεθανίου) (Βαρελά, 2011).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΘΟΔΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ (Βαρελά, 20110)

Θερμοκρασία	Συγκέντρωση στερεών	Σύστημα μίξης	Αριθμός Σταδίων
Μεσόφιλο (~ 35°C).	Χαμηλά στερεά (<10% ξ.ο).	Μηχανική ανάδευση.	Ενός σταδίου (ένας αντιδραστήρας).
Θερμόφιλο (~55° C).	Μεσαία στερεά(10- 25% ξ.ο).	Ανάδευση μέσω των Αερίων.	Πολλαπλών σταδίων.
	Υψηλά στερεά(>25% ξ.ο).	Στρωτής ροής.	
		Διακοπτόμενης Τροφοδοσίας.	

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (1)

- Βαρελά Ε., 2011. Αξιολόγηση τεχνολογιών μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων. Πτυχιακή εργασία ΕΜΠ, Αθήνα.
- Θεοχάρη Χ., Αραβώσης Κ., Βαρελίδης Π., Διαβάτης Η., Ζιώγας Χ., Ιατρού Σ., Μπούρκα Α.-Α., Οικονομόπουλος Α., Παπαγρηγορίου Σ., Παντελάτας Π., Φραντζής Ι., 2006. Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα / Η περίπτωση της Αττικής. ΤΕΕ, Αθήνα.
- Κανακόπουλος Δ., 2011. Η κομποστοποίηση ως μέθοδος επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων. Ημερίδα ΤΕΕ, Λάρισα.
- Κόλλια Π.Σ., 1993. Απορρίμματα. Αθήνα.
- Λαζαρίδη Κ., Το νέο θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των βιοαποικοδομήσιμων αστικών αποβλήτων: προκλήσεις και προοπτικές για τις τοπικές κοινωνίες. syzefxis.gov.gr/syn/4/lasaridi.doc.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (2)

- Μαυρόπουλος Α., 2008. Τεχνολογίες επεξεργασίας απορριμμάτων. Ενιαίος Σύνδεσμος Απορριμμάτων Κρήτης.
- Στοϊλόπουλος Β., 2002. Εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής και Κομποστοποίησης (ΕΜΔΚ) αποβλήτων σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης. www.eedsa.gr/library/Downloads/docs.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- sek-hellas.gr/index.php/kompostopoiisi/.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Τέλος Ενότητας 7

Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας
(κομποστοποίηση, αναερόβια χώνευση, βιολογική
ξήρανση).

