



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

Ενότητα 8: Αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος
των Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Κορνάρος Μιχαήλ
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Η παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα και την Ε.Ε.

- Σύσταση ΑΣΑ με βάση τις ΚΥΑ 50910/2727/2003 και ΚΥΑ 14312/1302/2000
- Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα: 3,9 εκατ. Τόνους (1997) με 0,97 kg/κάτοικο/ημέρα
- Οργανικό κλάσμα ΑΣΑ στην Ε.Ε. : 32% , 120 εκατ. Τόνους (2006)



Η διαχείριση των οργανικών στην Ε.Ε.

- Η διαχείριση των οργανικών στην Ε.Ε. ποικίλει από χώρα σε χώρα και μπορεί να διακριτοποιηθεί σε 4 κατηγορίες:
- Χώρες οι οποίες εφαρμόζουν ευρέως προγράμματα ΔσΠ των οργανικών και ταυτόχρονα έχουν αναπτυχθεί ποιοτικές προδιαγραφές για τα προϊόντα από την επεξεργασία τους:
(Αυστρία, Γερμανία, Ελβετία, Ισπανία (Καταλωνία), Σουηδία, Βέλγιο (Φλαμανδία), Ιταλία, Λουξεμβούργο και Ολλανδία).
- Χώρες οι οποίες εφαρμόζουν προγράμματα ΔσΠ των οργανικών και ταυτόχρονα έχουν αναπτυχθεί ποιοτικές προδιαγραφές για τα προϊόντα από την επεξεργασία τους :
(Δανία, Μεγ.Βρετανία, Νορβηγία και Βέλγιο (Βαλλονία)).
- Χώρες οι οποίες είναι σε προσπάθεια ανάπτυξης πολιτικής για τη διαχείριση των οργανικών τους και η ΔσΠ είναι στα σπάργανα: (Ιρλανδία, Γαλλία και Φιλλανδία).



Η διαχείριση των οργανικών στην Ε.Ε.

- Χώρες οι οποίες δεν έχουν ακόμα αναπτύξει πολιτική για τη διαχείριση των οργανικών τους ούτε εφαρμόζουν προγράμματα ΔσΠ : (Πορτογαλία, Ελλάδα, Σλοβενία, Ουγγαρία, Τσεχία, το μεγαλύτερο μέρος της Ισπανίας).
- Στις περισσότερες χώρες τα οργανικά επεξεργάζονται με ελεγχόμενα συστήματα Λιπασματοποίησης ενώ σε ορισμένες χώρες (Δανία, Σουηδία και Γερμανία) αναπτύσσεται ταχύτατα η Αναερόβια Βιοσταθεροποίηση.



Βιώσιμη ανάπτυξη της υπαίθρου

- Η εντατικοποίηση των καλλιεργειών έχει ως αποτέλεσμα την εξάντληση του εδάφους από οργανική ύλη και θρεπτικά συστατικά οδηγώντας σε συνεχώς αυξανόμενη προσθήκη χημικών λιπασμάτων. Πρόκληση για την γεωργία είναι να παρέχει συστήματα και πρακτικές που να εξασφαλίζουν την αναγκαία παραγωγή φυτικών προϊόντων αλλά και την διατήρηση των φυσικών πόρων.
- Είναι ανάγκη στις ημέρες μας η συνεργιστική δράση του ανθρώπου με την φύση για μια βιώσιμη ανάπτυξη. Στα πλαίσια αυτής της συμπόρευσης εντάσσεται και η υποβοήθηση της φύσης για γρήγορη βιολογική αποδόμηση των κάθε λογής οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων και την επιστροφή τους στους φυσικούς τους αποδέκτες και ιδιαίτερα στο έδαφος.
- Για να γίνει ευκολότερα η αποδόμηση των υλικών αυτών στο έδαφος γίνεται προηγουμένως επεξεργασία τους εκτός εδάφους που αποδίδεται με τον γενικό όρο βιοσταθεροποίηση.



Βιοσταθεροποίηση του Οργανικού Κλάσματος των ΑΣΑ

- Διακρίνονται δύο τύποι βιοσταθεροποίησης, η **αερόβια** και η **αναερόβια**.
- Η **αερόβια** (λιπασματοποίηση ή χουμοποίηση ή composting) είναι εξ' ορισμού η βιολογική αποδόμηση και σταθεροποίηση οργανικών και μικροβίων (βακτηρίων, μυκήτων κ.ά.) κάτω από συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη θερμοκρασιών στη θερμοφιλική περιοχή (50-60° C), η οποία διασφαλίζεται από βιολογικά παραγόμενη θερμότητα.
- Κατά την αερόβια παράγονται **διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα**. Το τελικό προϊόν είναι ένα αρκούντως σταθεροποιημένο υλικό που μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί κύρια ως εδαφοβελτιωτικό χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Κατά την **αναερόβια** παράγεται λιγότερη θερμότητα και σημαντικές ποσότητες μεθανίου (αναγωγικές συνθήκες).



Μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την αερόβια βιοσταθεροποίηση

Η λιπασματοποίηση (μεσοφιλικό, θερμοφιλικό στάδιο και στάδιο ψύξης) διαρκεί περί τις 20 μέρες και ακολουθεί στάδιο ωρίμανσης (όπου οξειδώνονται τα διάφορα οργανικά οξέα που παρήχθησαν στο πρώτο στάδιο και βελτιώνεται η τελική σύσταση) 30 περίπου ημερών



Είδη compost

- Άωρο (ανώριμο ή φρέσκο)
 - υγεινοποιημένο υλικό σε συνθήκες εντατικής αποσύνθεσης
 - μεγάλη περιεκτικότητα σε ευκόλως αποδομήσιμη οργανική ουσία.
 - μπορεί να προκαλέσει στο έδαφος τροφопενία κυρίως σε άζωτο
 - φυτοτοξικά συμπτώματα.
- Ωριμο (έτοιμο)
 - υγεινοποιημένο και βιολογικά σταθεροποιημένο υλικό ύστερα από εκτεταμένη και πλήρως περατωμένη αερόβια διαδικασία αποδόμησης.



Πρώτες ύλες κατάλληλες για λιπασματοποίηση

- Γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα (υπολείμματα καλλιεργειών, στερεά και υγρά απόβλητα κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων).
- Οργανικά απόβλητα και απόβλητα αστικών δραστηριοτήτων (ιλύς αστικών λυμάτων, οργανικό κλάσμα στερεών αστικών αποβλήτων, φυτικά απορρίμματα).
- Βιομηχανικά απόβλητα φυτικής προέλευσης (υπολείμματα γεωργικών βιομηχανιών όπως πυρηνελουργείων, οινοποιείων κ.ά.).
- Βιομηχανικά απόβλητα ζωικής προέλευσης (υπολείμματα σφαγείων, πτηνοτροφείων).
- Βιομηχανικά απόβλητα μεικτής προέλευσης (υπολείμματα κονσερβοποιείων, απορρίμματα ζωοτροφών).
- Άλλα διάφορα υπολείμματα, απορρίμματα, απόβλητα (απόβλητα χαρτοβιομηχανίας, πριονίδια, λάσπη καθαρισμού καναλιών).



Εφαρμογές βελτιωτικού εδάφους

- Γενικά το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα παρακάτω:
 - Γεωργία
 - Κηπουρική – φυτοκομική
 - Αποκατάσταση καταπονημένων – κατεστραμμένων εδαφών όπως:
 - Αναμόρφωση πρώην υγροτόπων (τεχνητές λίμνες εργοστασίων).
 - Αλατούχα εδάφη.
 - Υψηλής τοξικότητας εδάφη (π.χ. ο Αμερικάνικος Στρατός χρησιμοποιεί το κομπόστ για τη σταθεροποίηση και απενεργοποίηση των εκρηκτικών υλών και διασταλαζόντων υγρών των πυρομαχικών).
 - Αποκατάσταση παλιών λατομείων.
 - Επιφανειακή χωματοκάλυψη χωματερών και ΧΥΤΑ



Εφαρμογές βελτιωτικού εδάφους

- Αναδασώσεις
- Τεχνητά βοσκοτόπια και λιβάδια, πάρκα, γήπεδα, κήπους
 - γλάστρες
- Καλλιέργειες



Ιδιότητες και οφέλη από τη χρήση του compost

- Αυξάνει τα οργανικά συστατικά του χώματος.
- Βελτιώνει την ικανότητα του εδάφους για τη συγκράτηση νερού και άλλων θρεπτικών ουσιών. Έτσι μειώνει τις απαιτήσεις σε νερό των φυτών και των δένδρων και βοηθά τα αμμώδη εδάφη να συγκρατούν την υγρασία.
- Δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού (κυρίως στα αργιλώδη εδάφη).
- Μειώνει την αλατότητα στα αλατούχα εδάφη και συνεπώς βοηθά στην εξέλιξη καλλιεργειών σε αυτά.
- Αυξάνει το πορώδες του εδάφους.
- Ρυθμίζει και εξισορροπεί το pH του εδάφους.
- Βοηθά στον έλεγχο της διάβρωσης του εδάφους.
- Καθιστά το χώμα ευκολότερα καλλιεργήσιμο.



Ιδιότητες και οφέλη από τη χρήση του compost

- Κάνει τα φυτά πιο ανθεκτικά στην ξηρασία και την παγωνιά.
- Βελτιώνει το περιεχόμενο της διατροφής των φυτών σε βιταμίνες και μεταλλικά στοιχεία
- Μπορεί να επεκτείνει την περίοδο ανάπτυξης των φυτών.
- Μπορεί να περιορίσει τη χρήση πετροχημικών λιπασμάτων, των οποίων η χρήση εγκυμονεί πολλούς περιβαλλοντικούς κινδύνους. Η παραγωγή τους δημιουργεί και ελευθερώνει επικίνδυνα απόβλητα που μολύνουν την ατμόσφαιρα, δηλητηριώδη νιτρικά άλατα, που μολύνουν τα νερά και επιταχύνει την εξάντληση των φυσικών πόρων.
- Τέλος, έρευνες έδειξαν ότι η χρήση του κομπόστ για μεγάλο χρονικό διάστημα σε υψηλής τοξικότητας εδάφη, αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο δέσμευσης των βαρέων μετάλλων, με αποτέλεσμα τη μη εισχώρησή τους στην διατροφική αλυσίδα. Τα βαρέα μέταλλα καθίστανται δηλαδή λιγότερο βιοαφομοιώσιμα.



Ιδιότητες και οφέλη από τη χρήση του compost

Μέγεθος σωματιδίων	1-3 in (25-75 mm) 1,3-3,8 mm για ανάδευση και αερισμό 3,8-7,6 mm για φυσικό αερισμό χωρίς ανάδευση
Λόγος C/N (τροφοδοσία)	< 30/1
Λόγος C/P (τροφοδοσία)	75-150/1
Αναμίξεις και προσθήκες	μέχρι 1-5% κατά βάρος
Περιεχόμενο υγρασίας	50-60% (ή 45-55%)
Ανάδευση	Μικρές περίοδοι έντονης ανάδευσης εναλλασσόμενες με διακοπές.
Θερμοκρασία	50-55°C τις πρώτες μέρες 55-60°C τις υπόλοιπες
Έλεγ.παθογόνων οργαν.	Παραμονή στους 60-70°C για 24 h
Ρύθμιση του pH	7-7,5
Βαθμός αποσύνθεσης	φαίνεται από το λόγο C/N



Σύστημα σειραδίων

Τοποθέτηση των απορριμμάτων (25-75 mm) σε παράλληλους σωρούς τριγωνικής, τραπεζοειδούς ή ορθογώνιας διατομής, οι οποίοι αναδεύονται σε τακτά διαστήματα με μηχανικό τρόπο για επίτευξη επαρκούς αερισμού και ομοιογένειας στον σωρό.



Σύστημα αεριζόμενου στατικού σωρού

- Το σύστημα του αεριζόμενου στατικού σωρού διαφέρει από το σύστημα σειραδίων:
 - δεν υπάρχει ανάδευση
 - ο αερισμός επιτυγχάνεται με συνεχή παροχή αέρα
 - δε χρησιμοποιείται ανακυκλοφορία προϊόντος (κομπόστας).



Κλειστοί βιοαντιδραστήρες

- Μονάδα βιοσταθεροποίησης τύπου τυμπάνου για τη μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε εδαφοβελτιωτικό (compost) και
- Τελικό προϊόν (compost) από μονάδα βιοσταθεροποίησης τύπου τυμπάνου



Αναερόβια Βιοσταθεροποίηση ΑΣΑ

- Η εκμετάλλευση του βιοαερίου που παράγεται κατά την υγειονομική ταφή αποτελεί μέθοδο ανάκτησης ενέργειας (όμως είναι αργή και διαρκεί 5 - 10 έτη).
- Η επιτάχυνση της απελευθέρωσης του βιοαερίου μπορεί να επιτευχθεί σε ειδικούς αντιδραστήρες υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Το στερεό υπόλειμμα μετά από λιπασματοποίηση χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό.
- Οι αναερόβιοι μικροβιακοί πληθυσμοί είναι πιο ευαίσθητοι σε πλήθος περιβαλλοντικών παραμέτρων (υψηλή συγκέντρωση στερεών, αμμωνία κλπ.)



Παραγωγή ενέργειας από μονάδες αναερόβιας χώνευσης

- Όσον αφορά στην παραγωγή ενέργειας, οι μονάδες αναερόβιας χώνευσης που λειτουργούσαν το 2000 στην ΕΕ έχουν συνολική δυναμικότητα ισχύος της τάξης των 300 MW. Το έτος 2010 η εγκατεστημένη ισχύς αναμένεται να φτάσει τα 2000 MW.



Τεχνικές αναερόβιας χώνευσης των ΑΣΑ

- **Συμβατική υγρή αποσύνθεση** υπό μορφή αιωρήματος: παρόμοια μέθοδος με αυτή που εφαρμόζεται στα υγρά απόβλητα (ολικά στερεά στην τροφοδοσία 3-30%).
- **Ξηρή αναερόβια αποσύνθεση**: ολικά στερεά στην τροφοδοσία 35-40%.
- **Αναερόβια αποσύνθεση δύο φάσεων**: η υδρόλυση και οξύνιση του υλικού γίνεται σε αντιδραστήρα και η μεθανογένεση σε άλλον



Διεργασίες αναερόβιας χώνευσης των οργανικών στερεών αποβλήτων

- Τα τελευταία 15 χρόνια, το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την αναερόβια χώνευση ως διεργασία επεξεργασίας αποβλήτων είχε σαν συνέπεια την κατασκευή διαφόρων τύπων αντιδραστήρων που λειτουργούν είτε σε θεμόφιλες είτε σε μεσόφιλες θερμοκρασίες. Οι κυριότερες διεργασίες που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται σε εμπορικές μονάδες είναι:

- ❖ **Διεργασία Waasa**
- ❖ **Διεργασία Valorga**
- ❖ **Διεργασία Dranco**
- ❖ **Διεργασία Kompogas**
- ❖ **Διεργασία ΒΤΑ**



1. Διεργασία Waasa

- Μέχρι το 2000 είχαν κατασκευαστεί 3 μονάδες που λειτουργούσαν με βάση τη διεργασία Waasa, ενώ άλλη μία ήταν υπό κατασκευή.
- Η δυναμικότητα των μονάδων κυμαίνεται μεταξύ 3.000-85.000 τόνων ανά έτος, ενώ οι συνθήκες λειτουργίας μπορεί να είναι είτε θερμόφιλες είτε μεσόφιλες. Στη μονάδα της Waasa λειτουργούν παράλληλα και οι δύο τύποι διεργασιών, με τη θερμόφιλη διεργασία να έχει ένα χρόνο παραμονής 10 ημέρες σε σύγκριση με τις 20 ημέρες του μεσόφιλου σχεδιασμού.
- Η απόδοση της λειτουργίας συνίσταται στην παραγωγή 100-150 m³ βιοαερίου ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων, τη μείωση του όγκου κατά 60%, τη μείωση του βάρους κατά 50-60% και μια εσωτερική κατανάλωση βιοαερίου 20-30%.
- Το χωνευμένο υλικό μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω με αερόβια κομποστοποίηση, αλλά αυτό εξαρτάται από την ποιότητα των αποβλήτων



2. Διεργασία Valorga

- Η διεργασία της Valorga αναπτύχθηκε στη Γαλλία.
- Το σύστημα λειτουργεί τυπικά με περιεχόμενο σε στερεά ουσία 25-35% κ.β. και χρόνους παραμονής 18-25 ημέρες.
- Οι αντιδραστήρες είναι κάθετοι κύλινδροι με πλαϊνές τροχιές, για την κυκλοφορία του ζυμωμένου υλικού .
- Περιέχουν έναν κάθετο, ενδιάμεσο, εσωτερικό τοίχωμα περίπου στα $2/3$ της διαμέτρου.
- Η ανάμιξη μέσα στον αντιδραστήρα επιτυγχάνεται με την ανάστροφη κυκλοφορία μιας μικρής ποσότητας βιοαερίου υπό πίεση.
- Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας είναι η πλήρης απουσία μηχανικών μερών μέσα στον αντιδραστήρα.



2. Διεργασία Valorga

- Αυτό επιτρέπει την απρόσκοπτη λειτουργία σε συνθήκες υψηλής περιεκτικότητας σε στερεά με κυκλοφορία της ύλης χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση μηχανικών συσκευών.
- Τα προς επεξεργασία απόβλητα αποτελούνται από ζυμώσιμα υλικά και απορρίμματα κήπων .
- Η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου κυμαίνεται μεταξύ 210-290 m³ ανά τόνο συνολικών πτητικών στερεών (TVS) που εισέρχονται στον αντιδραστήρα ή μεταξύ 80- 160 m³ ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων, ανάλογα με το είδος τους.
- Το παραγόμενο βιοαέριο περιέχει μεθάνιο κατά 55-60%, αλλά όταν καθαριστεί, το μεθάνιο φτάνει μέχρι και το 97%. Το καθαρό βιοαέριο μπορεί να διοχετευτεί στο δίκτυο αερίου, να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ατμού βιομηχανικής χρήσης ή για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.



2. Διεργασία Valorga

- Το ζυμωμένο υλικό που βγαίνει από τους αντιδραστήρες λόγω της βαρύτητας εισάγεται κατευθείαν στις κοχλιόπρεσες για αφυδάτωση.
- Η υγρή ιλύς από τις πρέσες οδηγείται σε υδροκυκλώνα για να αφαιρεθούν τα βαριά μόρια και σε μια μονάδα ιζηματοποίησης-φιλτραρίσματος για να απομακρυνθούν τα αιωρούμενα στερεά.
- Τα στερεά συστατικά από τις πρέσες και το ταινιόφιλτρο αναμιγνύονται και αποθηκεύονται σε κλειστό χώρο για την πλήρη σταθεροποίησή τους κάτω από αερόβιες συνθήκες για 4 εβδομάδες. Το τελικό προϊόν είναι το κομπόστ.



3. Διεργασία Dranco

- Το σύστημα της Dranco (Dry Anaerobic Composting) αναπτύχθηκε στο Gent του Βελγίου.
- Η διεργασία λειτουργεί κάτω από θερμοφίλες και ξηρές συνθήκες, με ένα περιεχόμενο σε στερεά συστατικά στον αντιδραστήρα μεταξύ 15 και 40% κ.β.
- Αναπτύχθηκε με σκοπό την επεξεργασία των στερεών οργανικών αποβλήτων και ειδικότερα του οργανικού κλάσματος των δημοτικών ΣΑ.
- Σαν τελικά προϊόντα λαμβάνονται ενέργεια με τη μορφή βιοαερίου και κομπόστ.
- Τα απόβλητα που μεταφέρονται σε μια μονάδα Dranco υπόκεινται σε προεπεξεργασία, πριν οδηγηθούν μέσω αντλίας τροφοδότησης στον αντιδραστήρα.
- Εάν τα εισερχόμενα απόβλητα είναι ανάμικτα, τότε τα πρώτα βήματα της διεργασίας Dranco συνίστανται στη μείωση του όγκου και στο διαχωρισμό των διαφορετικών κλασμάτων στη ροή των αποβλήτων.



3. Διεργασία Dranco

- Τα οργανικά απόβλητα που έρχονται από την προεπεξεργασία αναμιγνύονται σε μια μονάδα ανάμιξης με ζυμωμένο υλικό από τον αντιδραστήρα.
- Κατά τη διάρκεια της ανάμιξης προσδίδεται θερμότητα για να επιτευχθεί η θερμοκρασία των 50 - 55°C, η οποία είναι απαραίτητη για τη θερμοφιλή αντίδραση.
- Η ζύμωση λαμβάνει χώρα σε ένα κατακόρυφο αντιδραστήρα, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από χάλυβα.
- Ο αντιδραστήρας τροφοδοτείται από την κορυφή, ενώ το υπόλειμμα εξάγεται από τον πυθμένα.
- Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στον αντιδραστήρα είναι περίπου 20 ημέρες.
- Μέρος του ζυμωμένου υλικού οδηγείται πίσω στη μονάδα ανάμιξης, ενώ το υπόλοιπο υπόκειται σε περαιτέρω επεξεργασία



3. Διεργασία Dranco

- Η επεξεργασία αυτή αφορά στην αφαίρεση της υγρασίας και στην αερόβια κομποστοποίηση.
- Μετά από 10 με 14 ημέρες παράγεται το κομπόστ, το οποίο είναι σταθεροποιημένο και υψηλής ποιότητας, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ΒΕ ή σαν λίπασμα στις γλάστρες.
- Η παραγωγή βιοαερίου κυμαίνεται μεταξύ 100-200 m³ ανά τόνο εισερχόμενων ΣΑ.
- Το 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται στη μονάδα, ενώ το υπόλοιπο διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο.



4. Διεργασία Kompogas

- Το σύστημα της Kompogas αναπτύχθηκε στην Ελβετία και δέχεται οργανικά απόβλητα από σύστημα ΔσΠ.
- Λειτουργεί σε θερμοκρασίες 55-60°C και το περιεχόμενο σε στερεά συστατικά είναι υψηλό.
- Τα απόβλητα συλλέγονται αρχικά σε μια δεξαμενή υποδοχής και στη συνέχεια οδηγούνται στο τμήμα διαλογής, στον τεμαχιστή και στη δεξαμενή αποθήκευσης.
- Το προθερμασμένο, παχύρρευστο οργανικό υλικό εισέρχεται έπειτα στον οριζόντιο αντιδραστήρα ζύμωσης, όπου η βασική διεργασία λαμβάνει χώρα σε μια περίοδο 15 - 20 ημερών και αναδεύεται περιοδικά.
- Το στερεό υπόλειμμα υφίσταται μείωση της υγρασίας του σε κοχλιόπρεσσα και στη συνέχεια μεταφέρεται σε ένα αντιδραστήρα δευτερογενούς ζύμωσης, όπου πραγματοποιείται η μετατροπή του σε ώριμο κομπόστ με παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου



4. Διεργασία Κομπρογας

- Το παραγόμενο βιοαέριο ($0,1 \text{ m}^3$ αερίου ανά kg οργανικού αποβλήτου) υφίσταται επεξεργασία και αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκιο. Στη συνέχεια αντλείται στη μονάδα συμπαραγωγής όπου μετατρέπεται σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια.
- Εναλλακτικά, το βιοαέριο μπορεί να αναβαθμιστεί μέχρι 98% κ.ό. μεθάνιο και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στα οχήματα μεταφοράς.



5. Διεργασία ΒΤΑ

- Η διεργασία της ΒΤΑ αναπτύχθηκε στη Γερμανία και συνδυάζει τη μηχανική με τη βιολογική επεξεργασία.
- Για μονάδες με δυναμικότητα πάνω από 50.000 τόνους ανά έτος αναπτύχθηκε η πολυφασική ζύμωση κατά την οποία διαχωρίζεται ο πολτός σε στερεή και υγρή φάση με τη χρήση φυγοκεντρικού διαχωριστή.
- Η υγρή φάση οδηγείται απ' ευθείας στον αντιδραστήρα όπου παραμένει 2 μέρες μέχρι να υποστεί μεθανοποίηση.
- Το στερεό υλικό, που περιέχει αδιάλυτες οργανικές ενώσεις, αναμειγνύεται ξανά με νερό και τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα υδρόλυσης.
- Μετά από 4 μέρες το υλικό υφίσταται μείωση υγρασίας ενώ το υγρό κλάσμα οδηγείται στον αντιδραστήρα μεθανοποίησης.



5. Διεργασία ΒΤΑ

- Διανέμοντας τη διεργασία αποδόμησης σε διαφορετικούς αντιδραστήρες (αιώρησης, υδρόλυσης και μεθανοποίησης) μπορούν να ρυθμιστούν ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης για όλα τα είδη των μικροοργανισμών.
- Αυτό επιτρέπει μια γρήγορη και εκτεταμένη αποδόμηση των οργανικών ενώσεων με υψηλή παραγωγή βιοαερίου.



Συγκριτικά στοιχεία εφαρμογής τεχνολογιών διαχείρισης ΑΣΑ :

- Από τις θερμικές μεθόδους επικρατεί σήμερα η καύση με μερική αξιοποίηση ενέργειας είτε ηλεκτρικής είτε θερμικής (Σκανδιναβικές χώρες).
- Δεν υπάρχουν διεθνώς επαρκή τεχνικοοικονομικά στοιχεία και εμπειρία για την ικανοποιητική εφαρμογή των μεθόδων της πυρόλυσης και της αεριοποίησης σε πλήρη κλίμακα.
- Τα τελευταία χρόνια κερδίζει έδαφος η εφαρμογή της αναερόβιας βιοσταθεροποίησης με ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας από την καύση του παραγόμενου βιοαερίου.
- Η αερόβια βιοσταθεροποίηση παρουσιάζει ενδιαφέρον ως προς την εφαρμογή της μόνο στην περίπτωση επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ μετά από διαλογή στην πηγή.
- Η επιλογή ΧΥΤΑ ως μεθόδου τελικής διάθεσης των ΑΣΑ συνεχίζει να υπερισχύει έναντι των άλλων μεθόδων με τεχνικοοικονομικά κριτήρια καθώς το κόστος εφαρμογής της είναι σημαντικά χαμηλότερο.



Μελέτη για τη διερεύνηση της βέλτιστης τεχνολογίας επεξεργασίας απορριμμάτων στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας (Απρ. 2006)

- Πραγματοποιήθηκε τεχνικοοικονομική αξιολόγηση των κάτωθι τεχνολογιών :
 - Μηχανική επεξεργασία σύμμεικτων ΑΣΑ με παραγωγή RDF (Refuse Derived Fuel) – Καύση του παραγόμενου RDF με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας – Αερόβια Βιοσταθεροποίηση του οργανικού κλάσματος με παραγωγή σταθεροποιημένου υπολείμματος,
 - Βιολογική Ξήρανση σύμμεικτων ΣΑ – Μηχανική Επεξεργασία – Καύση του παραγόμενου Stabilat με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
 - Διαλογή στην πηγή ή Μηχανική επεξεργασία σύμμεικτων ΣΑ – Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία του διαχωρισμένου οργανικού κλάσματος – Καύση του παραγόμενου βιοαερίου με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
 - Διαλογή στην πηγή ή Μηχανική επεξεργασία σύμμεικτων ΣΑ – Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία του διαχωρισμένου οργανικού κλάσματος – Καύση του παραγόμενου βιοαερίου με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας – Αερόβια Σταθεροποίηση Υπολείμματος,



Μελέτη για τη διερεύνηση της βέλτιστης τεχνολογίας επεξεργασίας απορριμμάτων στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας (Απρ. 2006)

- Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία συμμείκτου ή υγρού κλάσματος διαλογής στην πηγή – Καύση του παραγόμενου βιοαερίου με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
- Καύση Συμμείκτου με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Κριτήρια αξιολόγησης τεχνολογιών

	ΚΡΙΤΗΡΙΑ (ΚΙ)	ΥΠΟΚΡΙΤΗΡΙΑ (ΥΙ)
A.	Προστασία Περιβάλλοντος (30%)	A.1 Ατμόσφαιρα (εκπομπή αερίων, σκόνης)
		A.2 Υπόγεια και επιφανειακά ύδατα
		A.3 Έδαφος
		A.4 Οσμές
		A.5 Θόρυβος
		A.6 Αισθητική του Χώρου
B.	Τεχνολογικοί Παράγοντες (20%)	B.1 Ευελιξία της μεθόδου ως προς την σύσταση των αποβλήτων
		B.2 Ευελιξία της μεθόδου ως προς την ποσότητα των αποβλήτων
		B.3 Ανάγκη εξειδίκευσης προσωπικού
Γ.	Οικονομικότητα της Μεθόδου (25%)	Γ.1 Χαμηλό κόστος επένδυσης
		Γ.2 Χαμηλό κόστος λειτουργίας
		Γ.3 Βιωσιμότητα της μεθόδου
		Γ.4 Δυνατότητα χρηματοδότησης της μεθόδου
Δ.	Καταλληλότητα της μεθόδου (15%)	Δ.1 Προηγούμενη εγχώρια πρακτική
		Δ.2 Ταχύτητα κατασκευής
		Δ.3 Διάρκεια ζωής του έργου
E.	Κοινωνικοπολιτικοί Παράγοντες (10%)	E.1 Κοινωνική αποδοχή
		E.2 Ανάκτηση α υλών – ενέργειας
		E.3 Συμβολή στην απασχόληση εργατικού δυναμικού



Συγκριτική Οικονομική Αξιολόγηση εναλλακτικών τεχνολογιών (δυναμικότητα μονάδας 60.000 τόννων/έτος)

Εξεταζόμενη Τεχνολογία	Περιγραφή διεργασίας	Κόστος κατασκευής (Ευρώ)	Ετήσια Λειτουργικά έξοδα (ευρώ/έτος)	Τέλος διάθεσης υπολειμμάτων στο ΧΥΤΑ (ευρώ/εισερχόμενο τόνο σύμμεικτων ΣΑ)	Έσοδο από πώληση ηλεκτρικής Ενέργειας (ευρώ/εισερχόμενο τόνο σύμμεικτων ΣΑ)	Εξυπηρέτηση του 100% του κεφαλαίου επένδυσης (ευρώ/ετήσιο εγκατεστημένο τόνο)	Τέλος επεξεργασίας σύμμεικτων ΣΑ (ευρώ/εισερχόμενο τόνο σύμμεικτων ΣΑ)
1	Μηχανική επεξεργασία – Αερόβια Βιολογική επεξεργασία – Καύση RDF	20.658.313	6.179.238	11	12	30	121
2	Βιολογική Ξήρανση – μηχανική επεξεργασία – Καύση του stabilat με ανάκτηση ενέργειας	34.340.249	5.653.733	7	20	50	124
3	Μηχανική επεξεργασία – Αναερόβια Βιολογική επεξεργασία – Καύση βιοαερίου με ανάκτηση ενέργειας (ΚΒΑΕ)	17.492.677	5.608.594	23	7	25	111
4	Μηχανικός Διαχωρισμός – Αναερόβια/Αερόβια Βιοαποδόμηση – ΚΒΑΕ	20.588.712	5.636.105	8	6	30	117
5	Αναερόβια Βιολογική επεξεργασία – ΚΒΑΕ	15.840.000	4.626.979	34	10	23	90
6	Καύση σύμμεικτου με ανάκτηση ενέργειας	36.886.452	4.460.000	8	24	54	104

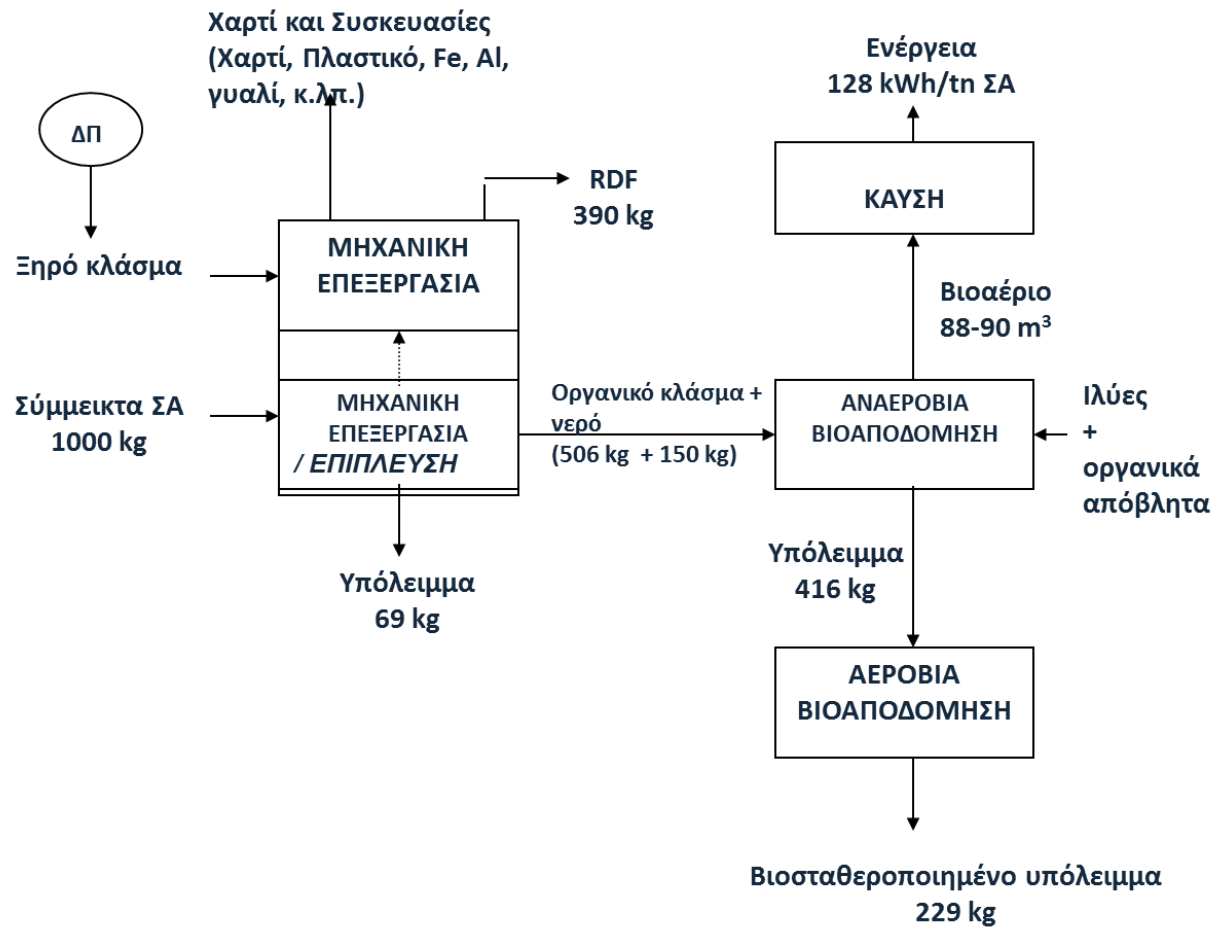


Συγκριτική Αξιολόγηση Εναλλακτικών Τεχνολογιών

	Κριτήρια επιλογής της μεθόδου	ΣΧΕΤΙΚΑ ΒΑΡΗ (Ki)	Εξεταζόμενες Τεχνολογίες Επεξεργασίας ΣΑ Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας						
			T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	
A.	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (Yi), (%)	30						
	Σύνολο	100		3,500	4,674	8,342	8,800	5,870	4,423
B.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (Yi), (%)	20						
	Σύνολο	100		7,100	5,800	7,400	8,200	5,700	2,200
G.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (Yi), (%)	25						
	Σύνολο	100		3,440	2,954	5,713	4,875	9,650	6,755
D.	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (Yi), (%)	15						
	Σύνολο	100		5,573	5,020	6,710	6,272	6,350	4,168
E.	ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (Yi), (%)	10						
	Σύνολο	100	100	5,661	6,964	5,757	5,800	4,410	7,400
			Σi=	4,73	4,75	6,99	7,02	6,71	4,82



Προτεινόμενη Τεχνολογία



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0.0**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών. Αναπληρωτής Καθηγητής, Μιχαήλ Κορνάρος. «Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος των Αστικών Στερεών Αποβλήτων». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2144>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.