



# Επεξεργασία και διαχείριση στερεών αποβλήτων

Ενότητα 6: Μηχανικός διαχωρισμός – Λιπασματοποίηση.

Μουσιόπουλος Νικόλαος  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# 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 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Μηχανικός διαχωρισμός – Λιπασματοποίηση.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Περιεχόμενα ενότητας

---

1. Μηχανικός διαχωρισμός.
2. Λιπασματοποίηση.



# Σκοποί ενότητας

- Διαδικασία, προϊόντα και μηχανολογικός εξοπλισμός μηχανικού διαχωρισμού.
- Λιπασματοποίηση.



# Μηχανικός διαχωρισμός

- Διαδικασία μηχανικού διαχωρισμού.
- Προϊόντα μηχανικού διαχωρισμού.
- Μηχανολογικός εξοπλισμός.



# Γενικά περί Μηχανικού Διαχωρισμού

- Σκοπός: Επιμερισμός με μηχανικά μέσα των υλικών από μίγμα των αστικών στερών αποβλήτων σε διάφορα συστατικά ή ομοιογενείς κατηγορίες συστατικών, τα οποία μπορούν έτσι να επιστρέψουν ως δευτερογενείς πρώτες ύλες στον παραγωγικό και οικονομικό κύκλο.
- Κατηγορίες:
  - Υποβιβασμός του μεγέθους (με τη χρήση διαφόρων τύπων μύλων, είτε σε ολόκληρη τη ροή μάζας των αστικών στερεών αποβλήτων, είτε σε ροές μάζας επιμέρους συστατικών).
  - Διαχωρισμός και ταξινόμηση (βασίζεται στις διαφορές μεγέθους που υπάρχουν ανάμεσα στα συστατικά αλλά και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και ιδιαίτερα των μαγνητικών (για ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων) και του ειδικού βάρους (για ταξινόμηση σε βαρέα και ελαφρά κλάσματα).





# Διαδικασία μηχανικού διαχωρισμού - Διεργασίες

- Πραγματοποιείται είτε σε υγρή είτε σε ξηρή κατάσταση.
- Έχουν αναπτυχθεί και τεχνικές διαχωρισμού που βασίζονται σε:
  - διαφορές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (για ανάκτηση μη σιδηρούχων μετάλλων) και
  - οπτικών ιδιοτήτων (για ανάκτηση γυαλιού).
- Περιλαμβάνει τις διεργασίες:
  - Ζύγισμα.
  - Διαλογή.
  - Θραύση.
  - Κοσκίνισμα.



# Βασικοί Παράγοντες (ΒΠ) και Γενικά Στάδια (ΓΣ)

- ΒΠ1. Ο βαθμός ανάκτησης, δηλ. η ποσότητα.
- ΒΠ2. Η ποιότητα των ανακτούμενων υλικών.
- ΓΣ1. Τεμαχισμός.
- ΓΣ2. Κοσκίνισμα.
- ΓΣ3. Διαχωρισμός.
- ΓΣ4. Συμπύεση.



# Προϊόντα μηχανικού διαχωρισμού

- Σιδηρούχα μέταλλα (65-95%).
- Ζυμώσιμα υλικά (70-90%).
- RDF (70-80%).
- Γυαλί (50-90%).
- Αλουμίνιο (55-90%).
- Χαρτί.
- Πλαστικά.



# Μηχανολογικός εξοπλισμός – Κατηγορίες

---

- Κατεργαστές.
- Διαχωριστές.



# Μηχανολογικός εξοπλισμός - Κατεργαστές

- Επιτυγχάνουν την ελάττωση του όγκου, το σχίσιμο των σακουλών και την αποκατάσταση της ομοιομορφίας.
- Συνοδεύονται από βοηθητικό εξοπλισμό όπως σιλό και μεταφορικές ταινίες.
- Σημαντικότερες συσκευές κατεργασίας: θραυστήρες κρούσης, σφυρόμυλοι, περιστροφικοί κόπτες, θραυστήρες κυλίνδρου, σφαιρόμυλοι και θραυστήρες σιαγόνων.



# Μηχανολογικός εξοπλισμός - Διαχωριστές

- Επιτυγχάνουν το διαχωρισμό της εισερχόμενης μάζας των αστικών στερεών αποβλήτων σε δύο ρεύματα:
  - το ένα περιέχει το προς ανάκτηση υλικό σε υψηλή συγκέντρωση και
  - το άλλο είναι απαλλαγμένο από την παρουσία του.
- Διαδεδομένες συσκευές:
  - Κόσκινα (δονούμενα, περιστροφικά, κόσκινα Mogensen), τράπεζες διαχωρισμού (διαχωρισμός με βάση τη βαρύτητα, την τριβή και την υδραυλική ροή), βαλλιστικοί διαχωριστές, αεροδιαχωριστές, ηλεκτρομαγνητικοί διαχωριστές, διαχωριστές με ρεύματα Eddy (διαχωρισμός αλουμινίου), οπτικοί διαχωριστές και διαχωριστές με επίπλευση αφρού.



# Μηχανολογικός εξοπλισμός – Βασικότερες συσκευές - μηχανήματα

- Χοάνες υποδοχής αστικών στερεών αποβλήτων.
- Θραυστήρες πλαστικών σάκων.
- Ταινιόδρομοι (ταινίες μεταφοράς).
- Μύλοι (λειτουργημαχιστές).
- Μαγνητικοί διαλογείς.
- Κόσκινα.
- Διαχωριστές.



# Λιπασματοποίηση

- Η λιπασματοποίηση (κομποστοποίηση ή βιοσταθεροποίηση) είναι μία ρυθμιζόμενη διάσπαση ή αδρανοποίηση των οργανικών ενώσεων των αστικών στερεών αποβλήτων, από την οποία σε τελική φάση προκύπτουν με τη βοήθεια μικροοργανισμών:
  - Χούμους (humus), δηλ. ένα βελτιωτικό εδάφους που ονομάζεται κομπόστ, καθώς επίσης  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$  (στην περίπτωση αερόβιας).
  - $\text{CH}_4$  (μεθανογένεση), καθώς επίσης  $\text{CO}_2$  και λάσπη (στην περίπτωση αναερόβιας).





# Δραστηριότητα των μικροοργανισμών

- Η δραστηριότητα των μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα) εξαρτάται από:
  - την αναλογία C/N (ο άνθρακας αποτελεί πηγή ενέργειας και το άζωτο τροφή των μικροοργανισμών),
  - την υγρασία των αστικών στερεών αποβλήτων (η τροφή των μικροοργανισμών είναι πάντα σε υδάτινη μορφή),
  - το διαθέσιμο οξυγόνο (αερόβια ζύμωση),
  - το pH και
  - τη θερμοκρασία.



# Βελτιωτικό εδάφους

- Πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ογκώδη αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί, βαρέα μέταλλα και παθογόνους μικροοργανισμούς.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργειες (όπως αμπελουργία, ανθοκομία, δενδροκομία κ.λπ.) αυξάνοντας την παραγωγή καθώς εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικές ουσίες, αυξάνει το πορώδες του, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού και κατακρατεί την υγρασία.



# Περιγραφή μικροοργανισμών λιπασματοποίησης

- Κοινή χημική σύνθεση με παρουσία μεγαλομορίων (π.χ. πολυσακχαρίτες).
- Κοινή φυσική δομή αφού κοινή δομική μονάδα όλων είναι το κύτταρο.
- Επιτελούν ορισμένες κοινές χημικές αντιδράσεις γνωστές με το όνομα μεταβολική δραστηριότητα.



# Διατροφικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών

- Ανόργανα και οργανικά θρεπτικά συστατικά.
- Νερό: Βασικό στοιχείο της διατροφής.
- Βασικά ανόργανα θρεπτικά συστατικά:
  - Άνθρακας, άζωτο, φώσφορος και θείο που αποτελούν το 95% του ξηρού βάρους του κυττάρου.
  - Κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο, σίδηρος, νάτριο, χλώριο κυρίως και ψευδάργυρος, μαγγάνιο, μολυβδαίνιο, σελήνιο, κοβάλτιο και βολφράμιο.
- Κατηγορίες θρεπτικών συστατικών:
  - Αμινοξέα (amino acids), πουρίνες (purines) και πυριμιδίνες (pyrimidines) και βιταμίνες (vitamins).



# Θρεπτικές κατηγορίες μικροοργανισμών και ταξινόμηση

Είδος οργανισμών	Πηγή ενέργειας	Πηγή Άνθρακα	Οργανισμοί
ΑΥΤΟΤΡΟΦΟΙ			
Φωτοαυτότροφοι	Φως	CO <sub>2</sub>	Ανώτερα φυτά, ευκαρυωτικά φύκη, θειοβακτήρια.
Χημειοαυτότροφοι	Ανόργανη- οξειδ. αντίδραση (χημικές ενώσεις)	CO <sub>2</sub>	
ΕΤΕΡΟΤΡΟΦΟΙ			
Χημειοετερότροφοι	Οργανική οξειδ. αντίδραση (χημικές ενώσεις)	Οργανικές ενώσεις	Ανώτερα ζώα, πρωτόζωα, μύκητες, βακτήρια.
Φωτοετερότροφοι	Φως	Οργανικές ενώσεις	Ερυθροβακτήρια, ευκαρυωτικά φύκη.

Πηγές: Σαρρής κ.ά., 1986, Tchobanoglous et al., 1997.



# Τύποι μικροβιολογικού μεταβολισμού

- *Βιοσυνθετικός* στον οποίο οι ουσίες, που παίρνει ο μικροοργανισμός από το περιβάλλον του, μετατρέπονται από τον ίδιο σε δομικά στοιχεία και σε ειδικά μακρομόρια του κυττάρου.
- *Ενεργειακός*, που προμηθεύει την ενέργεια, η οποία καταναλώνεται στον πρώτο τύπο μεταβολισμού.



# Αερόβιος μεταβολισμός

- Κυριαρχούν μικροοργανισμοί που έχουν ανάγκη σε μοριακό οξυγόνο και λέγονται απόλυτα αερόβιοι.
- Αντλούν τις ενεργειακές τους ανάγκες από την αερόβια αναπνοή στην οποία το μοριακό οξυγόνο λειτουργεί ως τελικός οξειδωτικός παράγοντας, δηλ. ο τελικός δέκτης ηλεκτρονίων είναι το οξυγόνο.



# Αναερόβιος μεταβολισμός

- Κυριαρχούν μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται μόνο απουσία οξυγόνου και λέγονται απόλυτα αναερόβιοι.
- Αντλούν την ενέργειά τους από αντιδράσεις που δε χρησιμοποιούν οξυγόνο. Ως τελικοί δέκτες ηλεκτρονίων χρησιμεύουν εδώ οργανικές ουσίες, όπως το γαλακτικό οξύ ή μίγμα γαλακτικού, οξικού, μυρμηκικού, και ηλεκτρικού οξέος. Συγχρόνως παράγεται  $\text{CO}_2$  και μερικές φορές  $\text{H}_2$ .





# Ταξινόμηση των μικροοργανισμών

- Διακρίνονται ανάλογα με την κυτταρική δομή και τη λειτουργία τους σε:
  - Προκαρυωτικούς (βακτήρια) και
  - ευκαρυωτικούς (φούνγκι, προζύμες και ακτινομύκητες).



# Περιγραφή βασικών μικροοργανισμών

- Βακτήρια:
  - Μονοκύτταροι οργανισμοί, σφαιρικοί, επιμήκεις ή ελικοειδείς που παίρνουν στοιχεία και ενώσεις από το περιβάλλον τους.
- Φούνγκι:
  - Πολυκυτταρικά, μη φωτοσυνθετικά, ετερότροφα πρωτόζωα με αεροβικό μεταβολισμό.
- Προζύμες:
  - Φούνγκι που δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε λεπτό νήμα.
- Ακτινομύκητες:
  - Οργανισμοί που έχουν χαρακτηριστικά μεταξύ βακτηρίων και φούνγκι.



# Σημαντικές παράμετροι για τη ζύμωση των μικροοργανισμών

- Θερμοκρασία.
- pH.
- Υγρασία.
- Λόγος C/N.
- Λόγος C/P.
- Αερισμός.
- Καιρικές συνθήκες.
- Κοκκομετρία.
- Ανάδευση.
- Αναμίξεις και προσθήκες.
- Έλεγχος παθογόνων οργανισμών.
- Βαθμός αποσύνθεσης.
- Έλεγχος οσμών.
- Εδαφικές απαιτήσεις.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
  - Πίνακες:
  - Σαρρής Κ., Ηλιάδης Ν., Μπουρζή-Χατζοπούλου Ε. και Κουμπατή-Αρτοποιού Μ. (1986), Μαθήματα γενικής και ειδικής μικροβιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (εκδ. Υπηρεσία δημοσιευμάτων).
  - Tchobanoglous G., Theisen H. and Vigil S.A.. (1977), Integrated Solid Waste Management, McGraw – Hill, New York.
  - <http://eclass.auth.gr/modules/document/file.php/MENG320/Σημειώσεις%20μαθήματος/4%20ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ%20ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ%20-%20ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ.pdf>, 15/06/2015.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Μουσιόπουλος Νικόλαος. «Επεξεργασία και διαχείριση στερεών αποβλήτων. Μηχανικός διαχωρισμός – Λιπασματοποίηση». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS392/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 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».



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

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

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





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Περκουλίδης Γιώργος  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2014-2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

