



# Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων

Καθηγητής Θρασύβουλος Μανιός

Τμήμα Γεωπονίας

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

# Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων

Διάλεξη 3<sup>η</sup>

Κομποστοποίηση #2

# Βέλτιστοι Παράμετροι Κομποστοποίησης

- Οργανικός άνθρακας – οργανική ουσία
- Υγρασία – ολικά στερεά
- Αερισμός
- pH
- Αναλογία C:N

# Βέλτιστοι Παράμετροι Κομποστοποίησης

- Οργανικός άνθρακας – οργανική ουσία

Πτητικά στερεά ή volatile solids πάνω από 50 % των ολικών στερεών

- Υγρασία – ολικά στερεά
- Αερισμός
- pH
- Αναλογία C:N

# Βέλτιστοι Παράμετροι Κομποστοποίησης

- Οργανικός άνθρακας – οργανική ουσία
- Υγρασία – ολικά στερεά

Υγρασία μεταξύ 60 και 65 %, ανάλογα και την κοκομετρία του υλικού

- Αερισμός
- pH
- Αναλογία C:N

# Βέλτιστοι Παράμετροι Κομποστοποίησης

- Οργανικός άνθρακας – οργανική ουσία
- Υγρασία – ολικά στερεά
- Αερισμός

Διαμόρφωση σειραδίου έτσι ώστε να συγκρατείται αέρας / οξυγόνο χωρίς να χάνεται θερμότητα

- pH
- Αναλογία C:N

# Βέλτιστοι Παράμετροι Κομποστοποίησης

- Οργανικός άνθρακας – οργανική ουσία
- Υγρασία – ολικά στερεά
- Αερισμός
- pH

Όπως όλες τις βιολογικές διεργασίες η τιμή να είναι κοντά στο 7 ή και ελαφρώς αλκαλική

- Αναλογία C:N

# Βέλτιστοι Παράμετροι Κομποστοποίησης

- Οργανικός άνθρακας – οργανική ουσία
- Υγρασία – ολικά στερεά
- Αερισμός
- pH
- Αναλογία C:N

Αναλογία 30 : 1 ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν τα αποικοδομητικά βακτήρια

# Κομποστοποίηση – η τέχνη της μίξης

- Δύσκολα ένα υλικό από μόνο του διαθέτει όλα εκείνα τα βέλτιστα χαρακτηριστικά για να ολοκληρωθεί σωστά η διαδικασία
  - Τα κλαδέματα είναι σχετικά ξερά, έχουν υπερβολική θερμο-μονωτική ικανότητα, έχουν υψηλή αναλογία C:N (>40:1), μεγάλη συγκέντρωση κυτταρίνης και λιγνίνης
  - Οι κοπριές και οι λυματολάσπη έχουν εξαιρετικά υψηλή υγρασία, μηδενική στατική ικανότητα, εξαιρετικά χαμηλή αναλογία C:N (<20:1), δυσάρεστη οσμή και υψηλή συγκέντρωση παθογόνου φορτίου
  - Τα υπολείμματα τροφίμων μοιάζουν περισσότερο με τις κοπριές ενώ ο κίνδυνος εμφάνισης και τρωκτικών είναι μεγάλος

# Κομποστοποίηση – η τέχνη της μίξης

- Μέσα από τη μίξη θέλουμε να πετύχουμε μια ιδανική σύνθεση υλικών με βάση τις βέλτιστες συνθήκες / παραμέτρους
- Η μίξη βασίζεται πάντα στην αναλογία όγκων αλλά στο τέλος πάντα μεταφράζεται σε βάρη καθώς αυτά καθορίζουν τις φυσικοχημικές παραμέτρους
- Η χρήση των όγκων έχει εξαιρετικά πρακτική αξία καθώς στο πεδίο είναι δύσκολο να γίνουν ζυγίσεις
- Οι όγκοι επίσης χρησιμοποιούνται στη διαστασιολόγηση των μονάδων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού

# Κομποστοποίηση – η τέχνη της μίξης

- Παράδειγμα: μίξη κοπριάς με κλαδέματα
  - Κοπριά: υγρασία 80 %, πτητικά στερεά 90 %, πυκνότητα 1,0 t/m<sup>3</sup>
  - Τεμαχισμένα κλαδέματα: υγρασία 55%, πτητικά στερεά 75%, πυκνότητα 0,40 t/m<sup>3</sup>
  - Αναλογίες μίξης κοπριάς προς κλαδέματα:
    - 1:1
    - 1:2
    - 1:3

# Κομποστοποίηση – η τέχνη της μίξης

	Υγρασία	Πτητικά Στερεά	Πυκνότητα		
Κοπριά	80%	90%	1		
Κλαδέματα	55%	75%	0,4		

	Όγκος σε m3	Βάρος σε tn	Υγρασία σε t	Ξηρή Ουσία σε t	Τελική Υγρασία
Κοπριά	1	1,00	0,80	0,2	
Κλαδέματα	1	0,40	0,22	0,18	
			1,02	0,38	73%

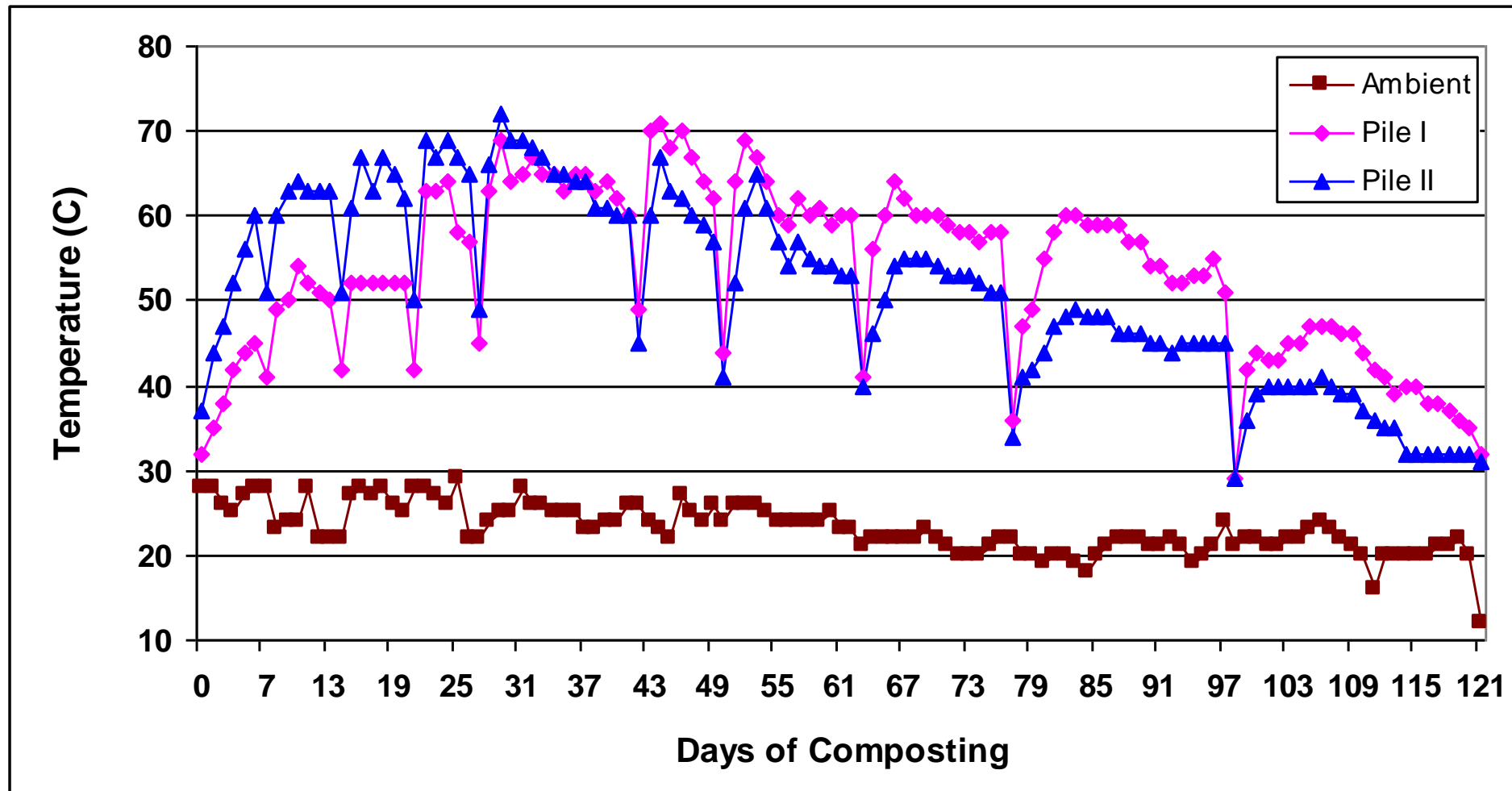
  

	Όγκος σε m3	Βάρος σε tn	Υγρασία σε t	Ξηρή Ουσία σε t	Τελική Υγρασία
Κοπριά	1	1,00	0,80	0,2	
Κλαδέματα	2	0,80	0,44	0,36	
			1,24	0,56	69%

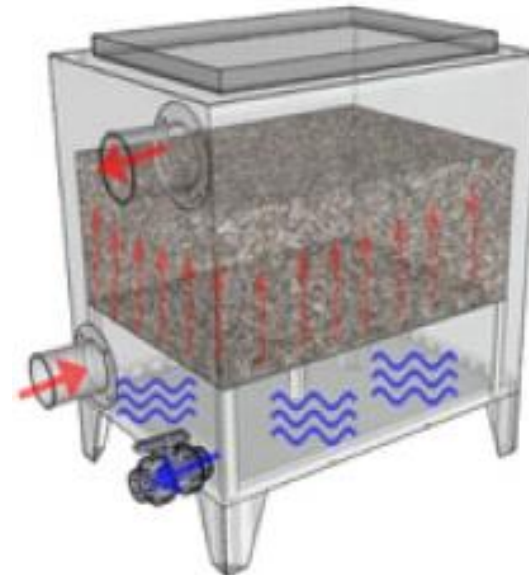
	Όγκος σε m3	Βάρος σε tn	Υγρασία σε t	Ξηρή Ουσία σε t	Τελική Υγρασία
Κοπριά	1	1,00	0,80	0,2	
Κλαδέματα	3	1,20	0,66	0,54	
			1,46	0,74	66%

# Κομποστοποίηση – η τέχνη της μίξης



# ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

- ❑ Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow)
- ❑ Αεριζόμενων σωρών (aerated static pile)
- ❑ Βιο-αντιδραστήρες (in vessel composting)

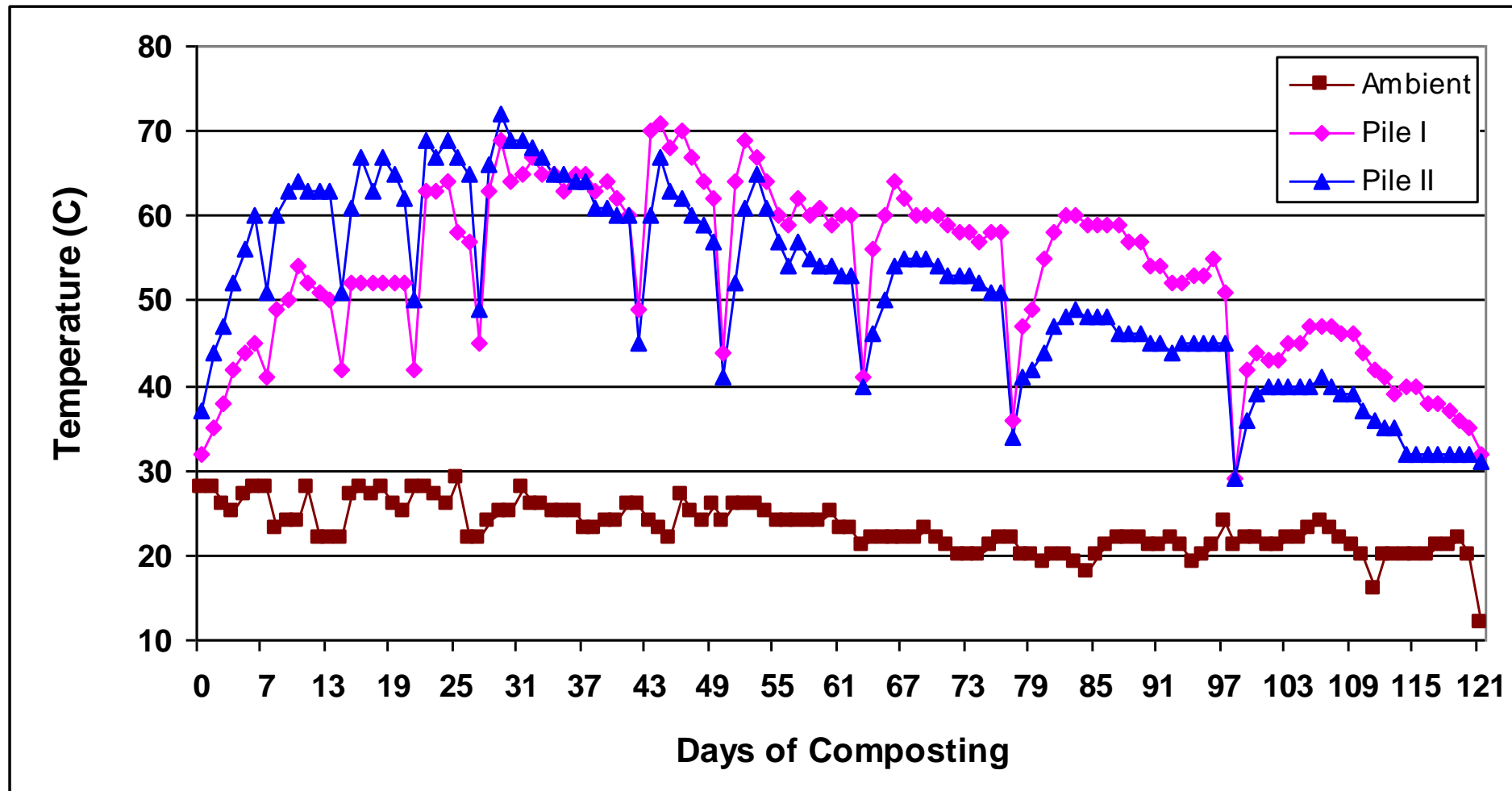


# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow)

- Υπολείμματα σε μακρόστενους σωρούς
- Πλάτος : 3-4 m
- Ύψος : 1,2-3 m
- Θερμοκρασία  $>65-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  → Ανακάτεμα σωρών και προσθήκη υγρασίας
- Στην πράξη: 2 φορές την εβδομάδα έως 1 φορά κάθε 2 εβδομάδες



# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow)



# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow) – αυτοκινούμενος αναστροφέας



Ανατρεπόμενων  
σειραδίων  
(windrow) –  
αυτοκινούμενος  
αναστροφέας



# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow) – αναστροφέας γραμμών



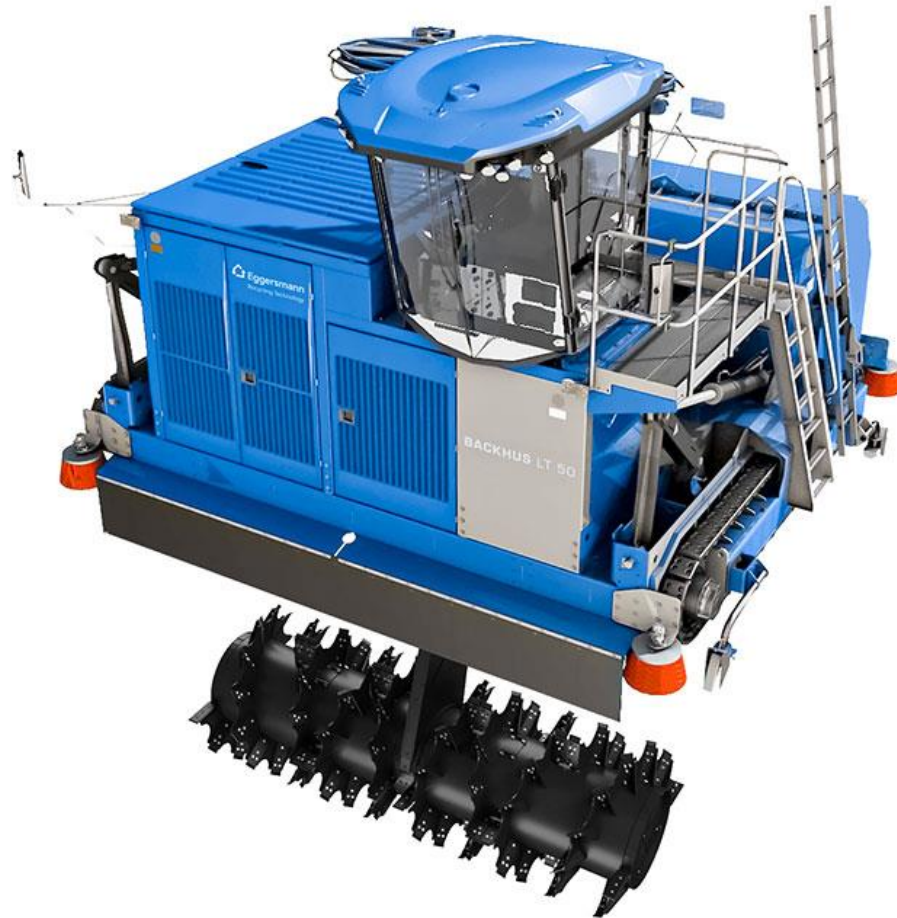
# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow) – αναστροφείας γραμμών



# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow) – αναστροφείας γραμμών



# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow) – αναστροφέας γραμμών



# Ανατρεπόμενων σειραδίων (windrow) – αναστροφείας γραμμών

- Πλεονεκτήματα

- Καλύτερος έλεγχος της διαδικασίας κομποστοποίησης με υγειονομοποίηση όλου του υλικού
- Ευκολότερη η διαδικασία παρέμβασης ώστε να γίνουν διορθωτικές κινήσεις (πχ η προσθήκη νερού)
- Διαθεσιμότητα εξοπλισμού και απλούστερη χρήση (χειριστές μηχανήματων)

- Μειονεκτήματα

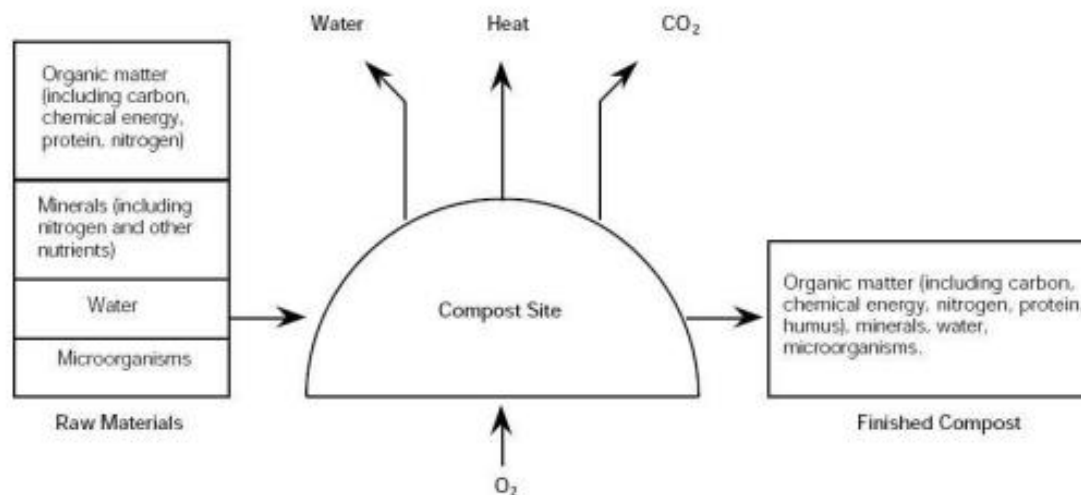
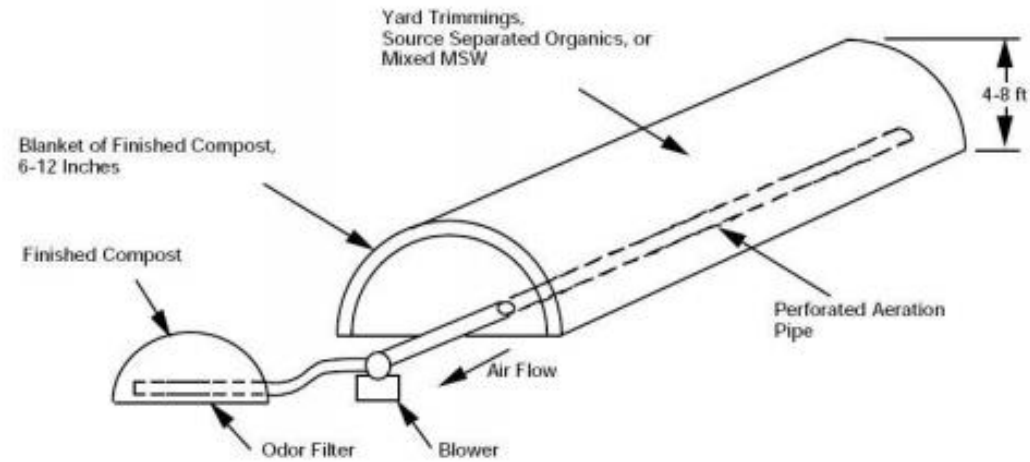
- Ανάγκη για μεγαλύτερο χώρο / επιφάνεια για να γίνουν οι αναστροφές και να διαμορφωθούν σειράδια
- Δυσκολότερος ο έλεγχος των οσμών και γενικά ελέγχου των αερίων που παράγονται
- Υψηλό κόστος του εξοπλισμού αναστροφής με περιορισμένη χρήση (απόσβεση επένδυσης)

# Αεριζόμενων σωρών (aerated static pile)

- Συνεχή και αυτόματη προσθήκη αέρα στους σωρούς των υλικών (με τη βοήθεια ανεμιστήρων)
- Ανεμιστήρες: είτε προωθούν αέρα στο σωρό, είτε τον απομακρύνουν (αναρρόφηση) με αποτέλεσμα νέος αέρας να εισέρχεται στο σύστημα
- Έλεγχος ποσότητας αέρα στο σωρό καθορίζεται από τη θερμοκρασία



# Αεριζόμενων σωρών (aerated static pile)

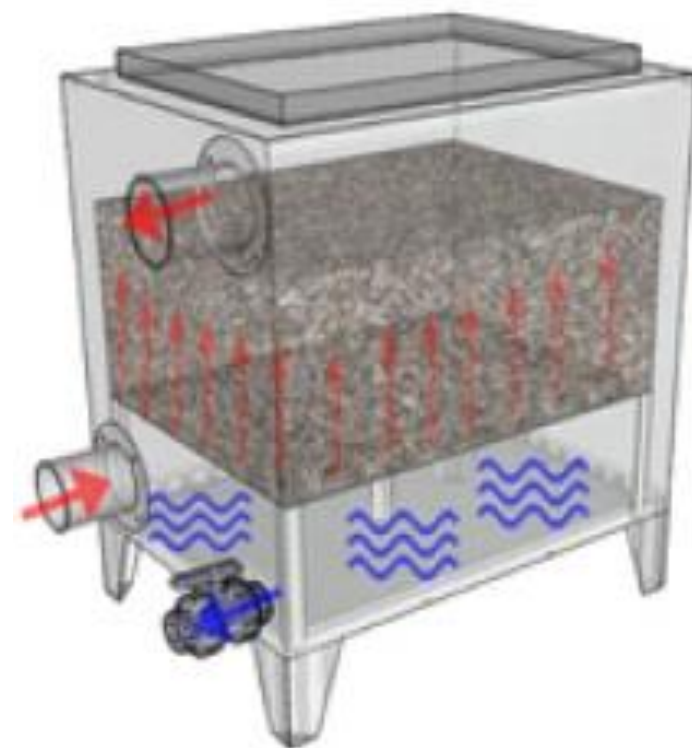


# Αεριζόμενων σωρών (aerated static pile)

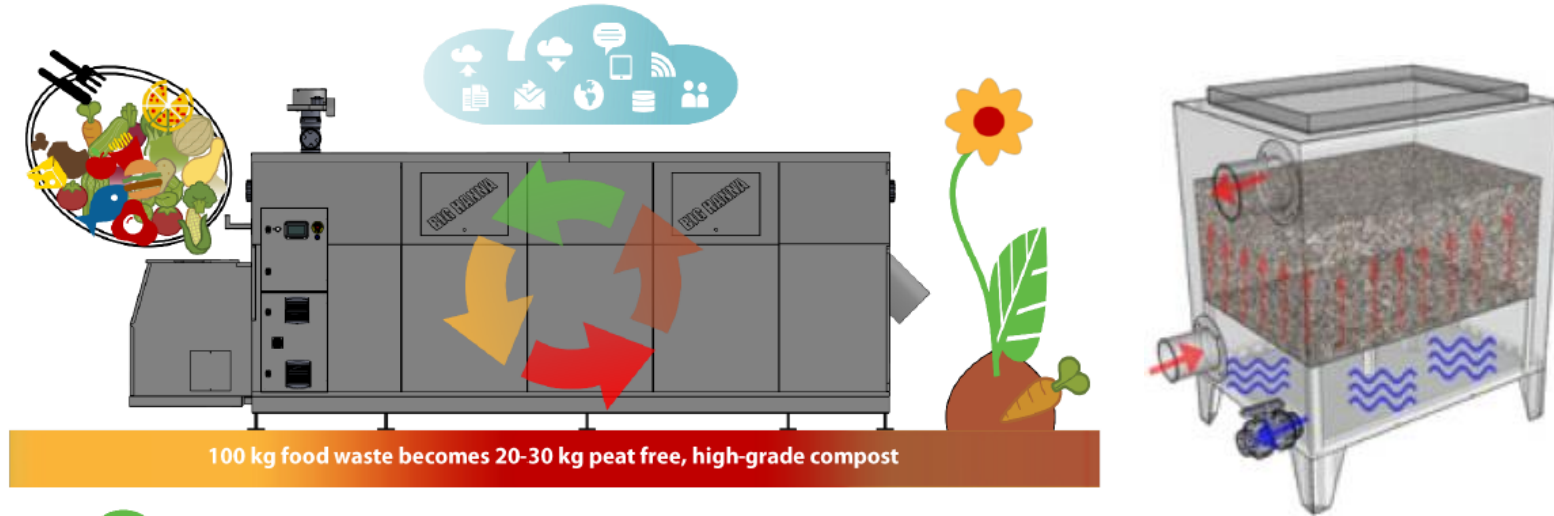
- Πλεονεκτήματα
  - Μικρότερη έκταση μονάδας ενίοτε με αύξηση του ύψους των υλικών και έναν ενιαίο σύστημα αναστροφής / μεταφοράς
  - Ευκολότερος έλεγχος των οσμών και γενικά ελέγχου των αερίων που παράγονται λόγω συγκέντρωσης μέσω αναρρόφησης
  - Δυσκολότερη η διαδικασία παρέμβασης ώστε να γίνουν διορθωτικές κινήσεις, ειδικά για την υγρασία καθώς η προσθήκη μέσω αέρα δεν έδωσε αποτελέσματα
- Μειονεκτήματα
  - Η υγειονομοποίηση όλου του υλικού χωρίς αναστροφή είναι δύσκολη
  - Απαραίτητη σε κάποια στιγμή η ανάμειξη
  - Ο έλεγχος των διαδικασιών απαιτεί προσωπικό υψηλότερης εξειδίκευσης

# Βιο-αντιδραστήρες (in vessel composting)

- Κλειστό σύστημα που προσομοιάζει σε οποιονδήποτε βιο-αντιδραστήρα
- Συνεχούς λειτουργίας ή και διακοπτόμενου έργου
- Σύστημα αυτοματοποιημένο και έχει ως πλεονέκτημα τον πλήρη έλεγχο των παραγόμενων οσμών
- Δυνατότητα επιτόπιας επεξεργασίας



# Βιο-αντιδραστήρες (in vessel composting)



# Βιο-αντιδραστήρες (in vessel composting)

Αυτόνομοι Μηχανικοί  
Κομποστοποιητές (ΑΜΚ)



# Βιο-αντιδραστήρες (in vessel composting)



Αυτόνομοι Μηχανικοί Κομποστοποιητές (ΑΜΚ)

# Βιο-αντιδραστήρες (in vessel composting)

- Πλεονεκτήματα

- Τοποθέτηση εκεί όπου παράγονται τα υπολείμματα, κάτι που μπορεί να μειώσει το κόστος μεταφοράς
- Εύκολη αύξηση δυναμικότητας μέσα από τη φιλοσοφία των modular μονάδων
- Αυτοματοποιημένος έλεγχος λειτουργικών παραμέτρων και δυνατότητα επέμβασης από απόσταση

- Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος επένδυσης / μονάδα βάρους υπολειμμάτων σε σχέση με τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας
- Σχετικά υψηλό κόστος λειτουργίας σε σχέση με μεγάλες μονάδες επεξεργασίας εάν δεν ληφθεί υπόψη το κόστος μεταφοράς

# Εγκαταστάσεις: Κλειστές Μονάδες Κομποστοποίησης



# Εγκαταστάσεις: Ημίκλειστες Μονάδες Κομποστοποίησης



# Εγκαταστάσεις: Ανοιχτές Μονάδες Κομποστοποίησης

