

Προϋποθέσεις Επιτυχούς Λειτουργίας Μονάδων Ενεργειακής Αξιοποίησης Αποβλήτων (WTE) – Μαθήματα από τη Διεθνή Εμπειρία

17^η Πανελλήνια Σύνοδος ΦοΔΣΑ

‘Διαχείριση Απορριμμάτων- Ανακύκλωση: Σταυροδρόμια & Μονόδρομοι’

Ιούνιος 2025

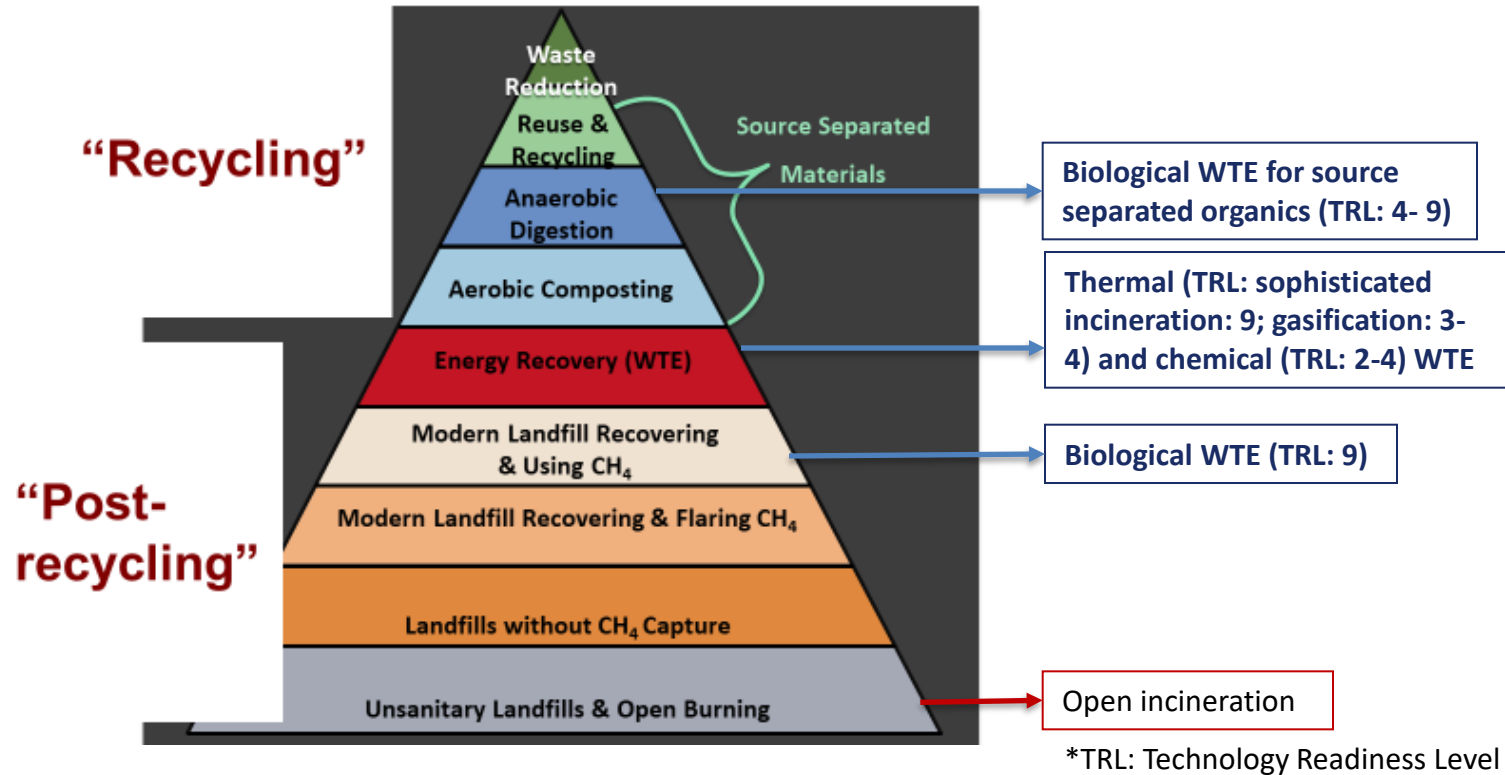
Θάνος Μπουρτσάλας

Καθηγητής, Columbia University / Σύμβουλος Κυκλικής Οικονομίας & Βιώσιμης Ανάπτυξης

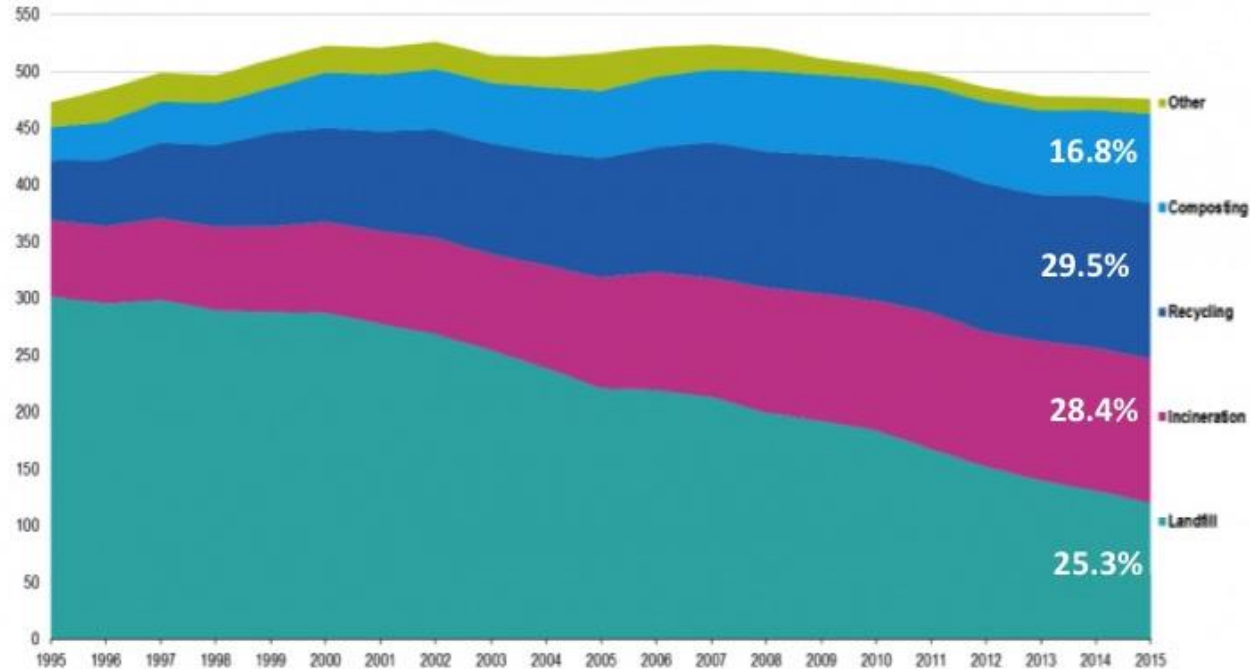


COLUMBIA CLIMATE SCHOOL
Climate, Earth, and Society

Methods of managing wastes



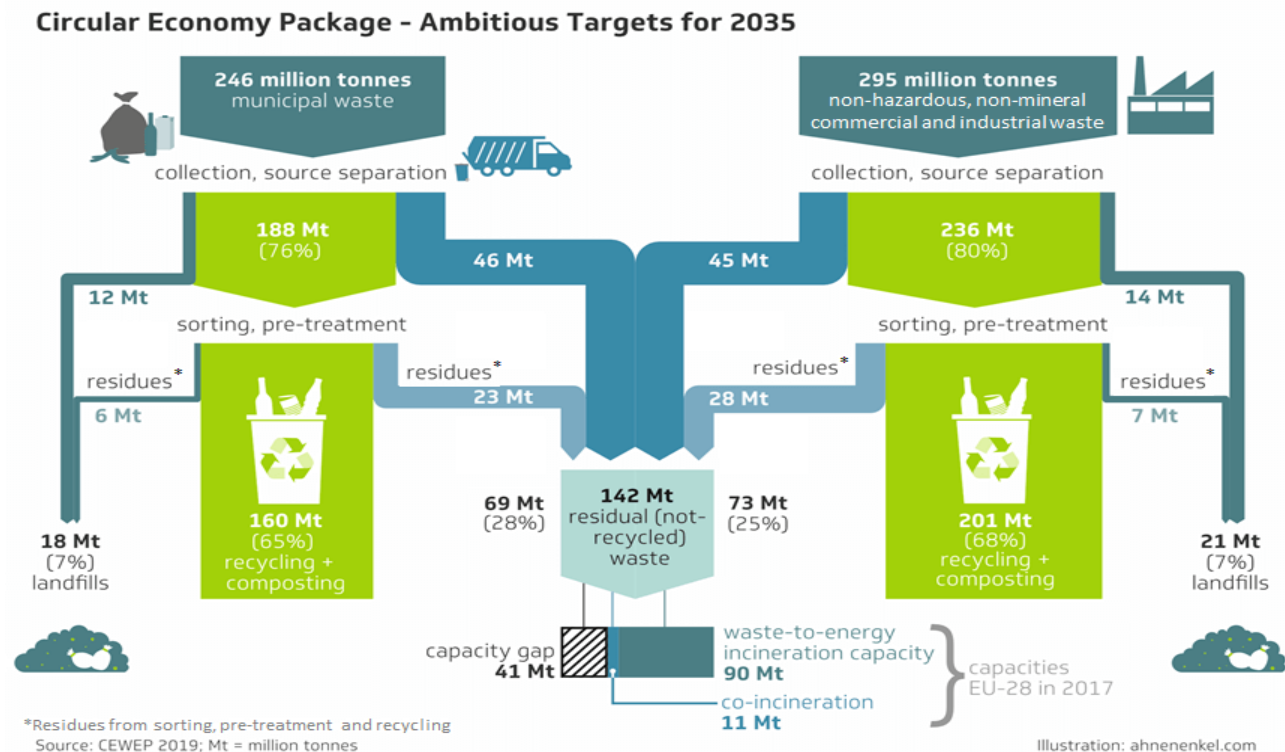
Changes in E.U. generation and disposition of MSW, 1995-2015 (Eurostat data)



2015 MSW generation: 243 million tons; 2015 EU population: 510 million

y-axis: kg per capita

Material Flow Analysis on the municipal, non-hazardous, non-mineral commercial and industrial waste generated in the EU with regard to the Circular Economy Package.



10 Προϋποθέσεις για Βιώσιμα WTE Έργα στην Ελλάδα

1. Διασφάλιση ελάχιστης θερμογόνου δύναμης $>7 \text{ MJ/kg}$
2. Μακροχρόνια στρατηγική διαχείρισης αποβλήτων
3. Ρεαλιστική εκτίμηση ποσοτήτων και ποιότητας αποβλήτων
4. Τεχνικοοικονομική βιωσιμότητα
5. Σωστή επιλογή τεχνολογίας και έμπειρου operator
6. Κοινωνική συναίνεση & περιβαλλοντικά αποδεκτή χωροθέτηση
7. Χρηματοδοτική ωριμότητα και σταθερές συμβάσεις
8. Ενοποίηση ροών και διαδημοτική συνεργασία
9. Παρακολούθηση KPIs & ασφαλής διαχείριση υπολειμμάτων
10. Εναρμόνιση gate fee με το κόστος ταφής

1. Διασφάλιση ελάχιστης θερμογόνου δύναμης $>7 \text{ MJ/kg}$

- Η θερμογόνος δύναμη (LHV) είναι βασικός τεχνικός δείκτης βιωσιμότητας.
- Τιμές κάτω από 7 MJ/kg οδηγούν σε προβλήματα στην καύση, αυξημένη κατανάλωση auxiliary fuel, και δυσλειτουργίες.
- Προκειμένου να διατηρηθεί η θερμογόνος δύναμη:
 - Απομάκρυνση υγρών οργανικών κλασμάτων μέσω βιοαποβλήτων ή κομποστοποίησης
 - Ενσωμάτωση SRF/RDF όπου επιτρέπεται
 - Συνεχής χαρτογράφηση LHV ανά δήμο/ζώνη
- Σύμφωνα με το BREF για Waste Incineration, η βέλτιστη θερμογόνος δύναμη κυμαίνεται μεταξύ $7\text{--}11 \text{ MJ/kg}$ για σταθερή λειτουργία.

2. Μακροχρόνια στρατηγική διαχείρισης αποβλήτων

- Η δημιουργία WTE απαιτεί πολιτική δέσμευση και ένταξη στο μακροπρόθεσμο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) και τα ΠΕΣΔΑ.
- Πρέπει να προβλέπεται:
 - Προτεραιότητα πρόληψης & ανακύκλωσης
 - Σαφής ρόλος της WTE για το υπόλειμμα
 - Ενσωμάτωση με ΜΕΑ/ΚΔΑΥ για βέλτιστη αλυσίδα επεξεργασίας
- Προτάσεις WTE εκτός στρατηγικής οδηγούν σε:
 - ✓ Αδυναμία χρηματοδότησης
 - ✓ Προσφυγές
 - ✓ Απώλεια κοινωνικής αποδοχής

3. Ρεαλιστική εκτίμηση ποσοτήτων & ποιότητας

- Συχνό φαινόμενο: υπερεκτίμηση ποσοτήτων ή παραβλέπεται η μεταβλητότητα του υλικού.
- Απαιτείται:
 - Ανάλυση σύστασης ανά περιοχή (χαρτί, πλαστικό, οργανικά, inerts)
 - Δείγματα για προσδιορισμό θερμογόνου δύναμης και υγρασίας
 - Ιστορικά δεδομένα παραγωγής
 - Προβλέψεις ανακύκλωσης/μείωσης αποβλήτων
 - Προσδιορισμός ποσοστού βιοαποδομήσιμου κλάσματος, καθώς:
 - ✓ Επιτρέπει πιστοποίηση ποσοστού ενέργειας ως ΑΠΕ
 - ✓ Συνδέεται με νομοθεσίες για μείωση εκπομπών CO₂
 - ✓ Ενισχύει την χρηματοδοτική ελκυστικότητα μέσω πράσινων μηχανισμών
- Αναγκαία η τακτική επικαιροποίηση των δεδομένων μέσω εργαστηριακών αναλύσεων.
- Σκοπός: σταθερή και επαρκής τροφοδοσία για οικονομική λειτουργία.

4. Τεχνικοοικονομική βιωσιμότητα

- Πλήρης TEA με CAPEX, OPEX, gate fee, έσοδα από ενέργεια, παραπροϊόντα και carbon credits.
- Συντελεστές αναφοράς:
 - CAPEX: 600–1.000 €/τόνο/έτος
 - OPEX: 45–65 €/τόνο
 - Gate fee: συνήθως ≥ 80 –100 €/τόνο για βιωσιμότητα απουσία επιδοτήσεων
 - Ανάλυση LCOE (€/MWh) για ανταγωνιστικότητα ενέργειας
- Σενάρια: παρουσία/απουσία τηλεθέρμανσης, διαφορετικά επίπεδα θερμογόνου δύναμης.

5. Τεχνολογία & έμπειρος operator

- Ο σχεδιασμός και η κατασκευή WTE είναι έργα υψηλής πολυπλοκότητας.
- Επιλογή αποδεδειγμένα ώριμης τεχνολογίας (π.χ. moving grate, fluidized bed)
- Συνεργασία με τεχνικό εταίρο που έχει εμπειρία σε παρόμοια έργα στην ΕΕ ή OECD.
- Σύμβαση λειτουργίας με:
 - Υποχρεώσεις για uptime > 90%
 - KPI για εκπομπές, καύση, απόδοση
 - Μηχανισμό ποινών & bonus επί απόδοσης (μπορεί να σχετιστεί με result-based financing)
- Σημαντικό: Έλεγχος αλυσίδας προμηθευτών και ανταλλακτικών για ανθεκτικότητα

6. Κοινωνική συναίνεση & περιβαλλοντικά αποδεκτή χωροθέτηση

- Η κοινωνική αποδοχή είναι συντελεστής αποτυχίας ή επιτυχίας.
- Εργαλεία προσέγγισης:
 - Τοπικά fora, συμμετοχικές διαδικασίες
 - Εκπαίδευση για περιβαλλοντικά οφέλη
 - Διάφανη πληροφόρηση για εκπομπές
 - Αντισταθμιστικά οφέλη σε Δήμο/κοινότητα υποδοχής (π.χ. μείωση τελών, επενδύσεις, απασχόληση)
- Χωροθέτηση με GIS ανάλυση που λαμβάνει υπόψη:
 - Υφιστάμενες εγκαταστάσεις
 - Απόσταση από κατοικίες, περιβαλλοντικές προστασίες
 - Συμβατότητα με ΕΣΧΑΔΑ και χρήσεις γης
- Σύνδεση χωροθέτησης με μεταφορικό κόστος, FGT και ενεργειακή απόδοση.

7. Χρηματοδοτική ωριμότητα και σταθερές συμβάσεις

- Η επιτυχής χρηματοδότηση WTE εξαρτάται από:
 - Σταθερά έσοδα από gate fee
 - Έσοδα από ενέργεια (PPA/CHP)
 - Ενδεχόμενα carbon credits (π.χ. μέσω βιοαποδομήσιμου κλάσματος)
- Τύποι χρηματοδότησης:
 - ΣΔΙΤ: Δημόσιο εξασφαλίζει τη ροή απορριμμάτων, ιδιώτης επενδύει
 - Green loans: για έργα με συμμόρφωση σε EU Taxonomy
 - Προγράμματα ΕΣΠΑ, RRF
- Η ύπαρξη 10+ ετών συμβάσεων feedstock και PPA είναι απαραίτητη για να δοθεί τραπεζική στήριξη

Πώς εξασφαλίζεται η χρηματοδότηση για το υψηλό κόστος επένδυσης (CAPEX);

Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η χρηματοδότηση WTE έργων επιτυγχάνεται μέσω μεικτών σχημάτων (blended finance), που συνδυάζουν δημόσιους και ιδιωτικούς πόρους:

1. **Μακροχρόνιες συμβάσεις (Feedstock/Gate Fee Agreements):** Συμβάσεις 10–20 ετών με ΦοΔΣΑ ή δήμους εξασφαλίζουν σταθερό εισόδημα μέσω gate fee. Εφαρμόζεται το μοντέλο “put-or-pay”, που μειώνει τον επενδυτικό κίνδυνο.
2. **Συμβόλαια πώλησης ενέργειας (Power Purchase Agreements – PPA):** Η ύπαρξη αγοραστή (π.χ. ΔΕΗ, βιομηχανία, Τηλεθέρμανση) για την παραγόμενη ενέργεια αυξάνει την τραπεζική αξιοπιστία. Όπου υπάρχει τηλεθέρμανση, η απόδοση και το έσοδο διπλασιάζονται.
3. **Δημόσια επιχορήγηση ή συγχρηματοδότηση:** Χρηματοδότηση από ΕΣΠΑ, Ταμείο Ανάκαμψης, ΕΤΕπ (EIB), InvestEU κ.ά. Μπορεί να καλύψει έως και 30-50% του CAPEX, ειδικά αν υπάρχει κλιματική ή κυκλική συνιστώσα.
4. **Συμμετοχή ιδιωτών μέσω ΣΔΙΤ (PPP):** Το έργο μπορεί να ανατεθεί με Σύμπραξη Δημόσιου & Ιδιωτικού Τομέα. Ο ιδιώτης χρηματοδοτεί, κατασκευάζει και λειτουργεί για 20–25 έτη, με το Δημόσιο να εξασφαλίζει την τροφοδοσία και μέρος των πληρωμών.
5. **Εγγυήσεις και πράσινα δάνεια:** Οι μονάδες WTE, όταν συμμορφώνονται με την EU Taxonomy, μπορούν να λάβουν πράσινα δάνεια ή εγγυήσεις κινδύνου. Σε χώρες όπως η Σουηδία ή η Νορβηγία, αξιοποιούνται πράσινα ομόλογα.

8. Ενοποίηση ροών και διαδημοτική συνεργασία

- Το μικρό μέγεθος των δήμων στην Ελλάδα δημιουργεί προβλήματα ως προς τη διασφάλιση επαρκούς feedstock- οικονομίες κλίμακας.
- Η λύση είναι η σύναψη διαδημοτικών συμβάσεων με ρήτρες εγγυημένων ποσοτήτων.
- Προϋποθέτει:
 - Τυποποίηση συμφωνιών
 - Συντονισμό μεταφοράς
 - Ενιαίο gate fee για ισότιμη μεταχείριση
 - Ενίσχυση του ρόλου των ΦοΔΣΑ ή της Περιφέρειας ως συντονιστή και συμβαλλόμενου μέρους
 - Ανάγκη για χρηματοδότηση logistics & μεταφόρτωσης μέσω ΕΣΠΑ
- Η σύναψη συμβάσεων τύπου “put-or-pay” μεταξύ των ΦοΔΣΑ και των συμμετεχόντων δήμων:
 - Ενισχύει την ασφάλεια τροφοδοσίας της μονάδας
 - Λειτουργεί ως ρήτρα εγγυημένης ποσότητας, μειώνοντας το επενδυτικό ρίσκο
 - Χρησιμοποιείται ευρέως σε ΣΔΙΤ WTE έργα στην Ε.Ε. και το Ηνωμένο Βασίλειο

9. Παρακολούθηση KPIs & ασφαλής διαχείριση υπολειμμάτων

- Τεχνικά KPIs λειτουργίας:
 - Καύση: απόδοση, θερμοκρασία, περιεκτικότητα οξυγόνου
 - Εκπομπές: NOx, CO, HCl, dioxins, PM
 - Απόδοση ενέργειας (ηλεκτρισμός/θερμότητα)
- Διαχείριση υπολειμμάτων:
 - Ιπτάμενη τέφρα: επικίνδυνο απόβλητο → απαιτεί σταθεροποίηση, υαλοποίηση ή εξαγωγή
 - Σκωρίες: μη επικίνδυνες, αξιοποιούνται σε έργα οδοποιίας εφόσον πληρούν τα όρια εκπλυσιμότητας βάσει LEAF
- Εφαρμογή πιστοποιημένων συστημάτων EMAS ή ISO για ενίσχυση διαφάνειας και αποδοχής.

10. Εναρμόνιση gate fee με κόστος ταφής

- Σήμερα η ταφή επιδοτείται έμμεσα (χαμηλό τέλος ταφής, καθυστερήσεις εφαρμογής).
- Αποτέλεσμα: οι δήμοι δεν έχουν οικονομικό κίνητρο να στραφούν σε WTE.
- Προτεινόμενες παρεμβάσεις:
 - Πλήρης εφαρμογή του άρθρου 38 του ν. 4819/2021
 - Κλιμακωτή αύξηση τέλους ταφής (π.χ. 20 → 40 → 60 €/τόνο)
 - Εξαίρεση από το τέλος WTE υπολειμμάτων (όπως συμβαίνει σε αρκετές χώρες ΕΕ)
 - Εξετάζεται η εφαρμογή εργαλείων τύπου “car-and-trade” για τα βιοαποδομήσιμα, κατά το πρότυπο του LATS (Ηνωμένο Βασίλειο), ως υποστηρικτικός μηχανισμός συμμόρφωσης με την Οδηγία 2018/850/ΕΕ.
- Αν δεν εξισωθεί το κόστος, δεν θα υπάρξει gate fee βιώσιμο για WTE → επενδυτικό ρίσκο.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Θάνος Μπουρτσάλας
ab3129@columbia.edu