



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «Διαχείριση Αποβλήτων»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Διεθνείς εξελίξεις στη διαχείριση Αστικών Στερεών
Αποβλήτων (ΑΣΑ) στα πλαίσια της κυκλικής
οικονομίας»**

ΜΑΡΙΟΛΑ ΜΙΣΚΑ

Μηχανικός Περιβάλλοντος και Αντιρρύπανσης Τ.Ε

Επιβλέπων καθηγητής

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΟΜΝΙΤΣΑΣ

Θεσσαλονίκη

Σεπτέμβριος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Διεθνείς εξελίξεις στη διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας»

ΜΑΡΙΟΛΑ ΜΙΣΚΑ

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Κορνίτσας Κωνσταντίνος

Σχολή Μηχ. Ορυκτών Πόρων
Πολυτεχνείο Κρήτης

Συνεπιβλέπων Καθηγητής:

Μουστάκας Κωνσταντίνος

Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ

Θεσσαλονίκη

2026

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) αποτελεί σήμερα ένα από τα πιο κρίσιμα και δυναμικά πεδία περιβαλλοντικής πολιτικής στην Ευρωπαϊκή Ένωση και όχι μόνο, καθώς συνδέεται άμεσα με τη μετάβαση προς ένα βιώσιμο μοντέλο ανάπτυξης και την εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας. Η αυξανόμενη παραγωγή αποβλήτων, η εξάντληση των φυσικών πόρων και οι πιέσεις στο περιβάλλον καθιστούν αναγκαία την υιοθέτηση ολοκληρωμένων συστημάτων τα οποία οδηγούν στην αειφόρο ανάπτυξη.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στη διαχείριση των ΑΣΑ σε διεθνές επίπεδο.

Αρχικά, παρουσιάζονται ο ορισμός, οι κατηγορίες και τα χαρακτηριστικά των ΑΣΑ. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην τρέχουσα Ευρωπαϊκή και Εθνική νομοθεσία. Επιπρόσθετα παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα και στην ΕΕ καθώς και οι εθνικοί στόχοι όσον αφορά τα ποσοστά που θα οδηγούνται σε τελική διάθεση και τα ποσοστά ανακύκλωσης για το κάθε ρεύμα αποβλήτων.

Ιδιαίτερη έμφαση στην εργασία δίνεται στην έννοια της Κυκλικής Οικονομίας, ένα σύγχρονο μοντέλο οικονομίας που μετατοπίζει τη διαχείριση αποβλήτων από το συνηθισμένο γραμμικό μοντέλο, σε ένα σύστημα επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης πόρων.

Ακόμα, αναλύονται καλές πρακτικές από επιλεγμένες πόλεις εντός και εκτός της ΕΕ με σκοπό την εμβάθυνση στις αρχές και τα εργαλεία της Κ.Ο που καθιστούν αποτελεσματική τη διαχείριση των ΑΣΑ.

Στο τέλος η εργασία παρουσιάζει τα συμπεράσματα που προκύπτουν, όπως και μελλοντικές προτάσεις κυρίως για την Ελλάδα για να μπορέσει να επιτύχει μέγιστη αξιοποίηση των πόρων, να συμβαδίζει με καλές πρακτικές με απώτερο σκοπό την αειφόρο διαχείριση των ΑΣΑ.

Λέξεις-Κλειδιά

Αστικά Στερεά Απόβλητα, Διαχείριση ΑΣΑ, Κυκλική Οικονομία, Καλές Πρακτικές

ABSTRACT

The management of Municipal Solid Waste (MSW) is currently one of the most critical and dynamic areas of environmental policy in the European Union and other regions, as it is directly linked to the transition toward a sustainable development model and the implementation of circular economy principles.

Increasing waste generation, the depletion of natural resources, and pressures on the environment make necessary the adoption of integrated systems that lead to sustainable development.

Based on the above, this thesis focuses on the management of MSW at the international level within the framework of the circular economy.

First, the definition, categories, and characteristics of MSW are presented. Further on, current European and national legislation is discussed. Additionally, the current state of MSW management in Greece and the EU is presented, along with national targets regarding the rates of final disposal and recycling for each waste stream.

Particular emphasis is placed on the concept of circular economy, a modern model that shifts waste management from the conventional linear model to a system of reuse, recycling, and resource recovery.

Furthermore, best practices from selected cities within and outside the EU are analyzed in order to gain a deeper understanding of the principles and tools of circular economy that make MSW management effective.

Finally, this MSc thesis presents the conclusions drawn, as well as future recommendations, primarily for Greece, to enable maximum resource utilization line with best practices, with ultimate goal the sustainable MSW municipal management.

Keywords

Municipal Solid Waste, MSW Management, Circular Economy, Best Practices

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	8
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ – ΑΚΡΩΝΥΜΑ.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	12
1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά.....	12
1.2 Αστικά Στερεά Απόβλητα (Α.Σ.Α).....	15
1.3 Σύσταση Αστικών Στερεών Αποβλήτων	16
1.4 Νομοθετικό Πλαίσιο	19
1.5 Υφιστάμενη Κατάσταση Διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα	20
1.5.1 Διαχείριση ΑΣΑ στην Ευρώπη.....	25
1.5.2 Σύγκριση Ελλάδας και ΕΕ-27	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	29
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά Κυκλικής Οικονομίας	29
2.2 Εξέλιξη, Στόχοι και Στρατηγικές Κυκλικής Οικονομίας.....	31
2.3 Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για την Κυκλική Οικονομία.....	36
2.3.1 Ευρωπαϊκή Νομοθετική Πράξη για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Act).....	41
2.4 Κυκλική Οικονομία στην Ελλάδα	42
2.5 Έργο LIFE-IP CEI-Greece	45
2.5.1 Μελέτη Περίπτωσης στα πλαίσια του έργου LIFE IP CEI Greece	46
2.5.2 Έργο LIFE-F4F (Food for Feed)	47
2.6 Διαχείριση των ΑΣΑ στα πλαίσια της Κ.Ο.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΚΑΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ.....	55
3.1 Εισαγωγή.....	55
3.2 Μελέτη Περίπτωσης	55
3.2.1 Πάρμα, Ιταλία.....	55

3.2.2 Εταιρεία The Waste Transformers, Ολλανδία.....	58
3.2.3 Brescia, Ιταλία	61
3.2.4 Νότια Κορέα.....	63
3.2.5 Νέα Υόρκη, ΗΠΑ	64
3.2.6 Κατμαντού, Νεπάλ.....	66
3.2.7 Devon, Ηνωμένο Βασίλειο.....	67
3.2.8 Πάτρα, Ελλάδα	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	72
4.1 Γενικά Συμπεράσματα	72
4.2 Προοπτικές: Η Ελλάδα στο μέλλον της κυκλικής οικονομίας	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	76
Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία.....	80
Ιστοσελίδες	80

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ταξινόμηση αποβλήτων σύμφωνα με τον Ε.Κ.Α. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023).....	13
Πίνακας 2. Κατηγορίες μη επικίνδυνων και επικίνδυνων αποβλήτων (ΕΣΔΑ 2020)	15
Πίνακας 3. Σύσταση ΑΣΑ στην Ελλάδα (πηγή: ΕΣΔΑ 2020)	17
Πίνακας 4. Ανάλυση οργανικού κλάσματος (πηγή: ΕΣΔΑ 2020, ΕΟΑΝ)	18
Πίνακας 5. Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2020).....	18
Πίνακας 6. Βασικοί Δείκτες Διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα (πηγή, ΕΔΣΑ 2020).....	22
Πίνακας 7. Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα (ΒΑΑ).....	23
Πίνακας 8. Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ).....	23
Πίνακας 9. Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων στην ΕΕ-27 (2010–2022)	26
Πίνακας 10. Βασικές Ευρωπαϊκές Πολιτικές και Νομοθετικές Πράξεις για την Κυκλική Οικονομία (Χρονολογική Παρουσίαση)	38
Πίνακας 11. Κύριοι ποσοτικοί στόχοι έως το 2030	44
Πίνακας 12. Οικονομικό Ισοζύγιο Δ.Α Πάρμας 2013-2014 (πηγή: ZWE C7, 2018).....	57
Πίνακας 13. Διεθνής σύγκριση ποσοστών ανακύκλωσης αστικών αποβλήτων (2022) (πηγή: Thornton & Kulatunga, 2026).....	68
Πίνακας 14. Δείκτες κυκλικής οικονομίας Κ.Ο. στη διαχείριση ΑΣΑ: Πάτρα, Ελλάδα, ΕΕ	71

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Εξέλιξη παραγωγής αποβλήτων 2008-2022 (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ,2022)	24
Διάγραμμα 2. Παραγωγή ΑΣΑ στην ΕΕ, 2022.....	27
Διάγραμμα 3. Παραγωγή αστικών αποβλήτων ανά κάτοικο, Ελλάδα και ΕΕ-27(2010-2020).....	28
Διάγραμμα 4. Παραγωγή ΑΣΑ κατά κεφαλήν στην Ελλάδα 2004-2023.....	43
Διάγραμμα 5. Η σταδιακή μεταβολή της σύνθεσης των ΑΣΑ	62
Διάγραμμα 6. Παραγωγή κατά κεφαλήν αποβλήτων στην Brescia για το έτη 2016-2018	62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ιεράρχηση Διαχείρισης ΑΣΑ στα πλαίσια Κυκλικής Οικονομίας.....	30
Εικόνα 2. «Διάγραμμα της πεταλούδας» (επεξεργασία/μορφοποίηση από: Ίδρυμα Ellen MacArthur, 2013).....	34
Εικόνα 3. Ιεράρχηση των στρατηγικών Κυκλικής Οικονομίας.....	34

Εικόνα 4. Στρατηγική ΚΟ - Τα 10 R (πηγή: circularise.com).....	35
Εικόνα 5. Οικολογικός σταθμός στη Πάρμα (πηγή: ZWE C7, 2018).....	56
Εικόνα 6. Λίπασμα για τη συντήρηση των αγωνιστικών χώρων (πηγή: the transformer site).....	60

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ – ΑΚΡΩΝΥΜΑ

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΣΔΑ	Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
Ε.Κ.Α	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΟΑΝ	Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης
ΕΟΠ	Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος
ΕΣΔΑ	Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΕΣΔΑΚ	Ενιαίο Σύνδεσμο Διαχείρισης Απορριμμάτων Κρήτης
ΚΟ	Κυκλική Οικονομία
ΜΕΑ	Μονάδα Επεξεργασίας Αποβλήτων
ΠΕΣΔΑ	Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
ΠΟΠ	Πληρώνω Όσο Πετάω
ΦοΔΣΑ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΧΑΔΑ	Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων
ΧΥΤΑ	Χώρος υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
CEA	Circular Economy Act
DIWASS	Digital Waste Shipment System
EEA	European Environment Agency
F4F	Food for Feed
HTL	Hydrothermal Liquefaction (Υδροθερμική Υγροποίηση)
MSW	Municipal Solid Waste
PAYT	Pay-As-You-Throw
TWT	The Waste Transformers
WtE	Waste to Energy
ZWE	Zero Waste Europe

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μεγάλη οικονομική ανάπτυξη, η οποία ξεκίνησε από τον προηγούμενο αιώνα έφερε ευημερία στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η αύξηση του πληθυσμού, η αστικοποίηση αλλά και η παγκοσμιοποίηση της αγοράς είχαν ως αποτέλεσμα μεγάλη κατανάλωση αγαθών. Η ταχεία αυτή ανάπτυξη οδήγησε σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως αύξηση της παραγωγής των αποβλήτων αλλά και άλλες επιπτώσεις με βάση τις αυξανόμενες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Φτάνοντας στο παρόν, ο κόσμος έρχεται αντιμέτωπος με πολλές περιβαλλοντικές προκλήσεις. Η παραγωγή των ΑΣΑ, αρκετές φορές ανεξέλεγκτη, έχει ως αποτέλεσμα όχι μόνο επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και στη δημόσια υγεία και στη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων. Έτσι αφενός μεν η μείωση της παραγωγής των ΑΣΑ και αφετέρου δε η αιωφόρος διαχείρισή τους αποτελούν σημαντική πρόκληση αλλά και κοινό στόχο για κυβερνήσεις, περιβαλλοντικούς οργανισμούς αλλά και τους απλούς πολίτες.

Η διαχείριση των ΑΣΑ στην Ελλάδα μέχρι πριν περίπου τρεις δεκαετίες ήταν στοιχειώδης. Αυτό που συνέβαινε ήταν η ταφή τους σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ). Η αύξηση του βιοτικού επιπέδου όμως σε συνδυασμό με την οικονομική ανάπτυξη, την αστικοποίηση και την αύξηση των τουριστών στην χώρα, οδήγησαν σε ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων, μεταξύ άλλων επικίνδυνων και τοξικών. Όλα τα προαναφερόμενα είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών προβλημάτων από το αρχικό στάδιο της συλλογής τους, μέχρι την τελική διάθεση. Από το 2000 και μετά, με την ενσωμάτωση των ευρωπαϊκών Οδηγιών, την αλλαγή της νομοθεσίας, την έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) και του Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ), η κατάσταση άρχισε να αλλάζει σταδιακά. Άρχισαν να γίνονται μελέτες κατασκευής Χώρων Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ) με στόχο την ταφή των σύμμεικτων αποβλήτων, καθώς επίσης άρχισε να εφαρμόζεται η χωριστή συλλογή των συσκευασιών (πηγή ΕΕΣΔΑ).

Από την άλλη, η διαχείριση των ΑΣΑ στην Ευρώπη στις δεκαετίες του 1980 και 1990 βασιζόταν σε μεγάλο βαθμό στην ταφή τους σε χωματερές και σε χώρους υγειονομικής ταφής, ενώ η ανακύκλωση βρισκόταν ακόμα σε αρχικό στάδιο. Η Ευρώπη από το '90 άρχισε σταδιακά την ανάπτυξη πολιτικών για τα απόβλητα. Σύμφωνα με στοιχεία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 1999), μεταξύ 1990 και 1995 τα αστικά απόβλητα στις ευρωπαϊκές χώρες αυξήθηκαν περίπου κατά 11%, γεγονός που ανέδειξε την ανάγκη για κοινή ευρωπαϊκή στρατηγική στη διαχείριση αποβλήτων

Σημείο καμπής σε όλη την διαδικασία αποτέλεσε η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις χωματερές (Landfill Directive) το 1999, η οποία στόχευε στη μείωση της ταφής βιοαποδομήσιμων αποβλήτων και ενθάρρυνε την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση

και την ανάκτηση υλικών και ενέργειας. Από τότε, η Ευρώπη άρχισε σταδιακά να μεταβαίνει από το μοντέλο της «απόρριψης» σε πιο οργανωμένα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.

Συμπεραίνουμε ότι οι παραδοσιακές πρακτικές διαχείρισης, οι οποίες βασίζονται κυρίως στην υγειονομική ταφή, δεν επαρκούν πλέον για την αντιμετώπιση των σύγχρονων αναγκών και περιβαλλοντικών απαιτήσεων. Στο πλαίσιο αυτό, η κυκλική οικονομία αναδεικνύεται ως ένα εναλλακτικό και περισσότερο βιώσιμο μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης, το οποίο στοχεύει στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων, στην επαναχρησιμοποίηση υλικών και στην αξιοποίηση πόρων μέσω της ανακύκλωσης και της ανάκτησης. Η μετάβαση από το γραμμικό μοντέλο «παραγωγή–κατανάλωση–απόρριψη» σε ένα κυκλικό μοντέλο διαχείρισης αποτελεί πλέον βασική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και διεθνών οργανισμών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των διεθνών εξελίξεων στη διαχείριση ΑΣΑ στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, καθώς και η ανάλυση των πολιτικών και πρακτικών που εφαρμόζονται στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Παράλληλα, επιδιώκεται η ανάδειξη των σύγχρονων στρατηγικών διαχείρισης αποβλήτων και των δυνατοτήτων αξιοποίησης των αρχών της κυκλικής οικονομίας για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης.

Για την εκπόνηση της εργασίας πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση ελληνικών και διεθνών επιστημονικών πηγών, θεσμικών κειμένων, ευρωπαϊκών Οδηγιών και σχετικών μελετών. Μέσα από τη μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας εξετάζονται οι βασικές κατηγορίες ΑΣΑ, το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο, η κατάσταση διαχείρισης αποβλήτων στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς και οι εφαρμογές της κυκλικής οικονομίας σε διεθνές επίπεδο. Επιπλέον, παρουσιάζονται μελέτες περίπτωσης και καλές πρακτικές από διάφορες χώρες και πόλεις, με στόχο την ανάδειξη επιτυχημένων παραδειγμάτων διαχείρισης αποβλήτων και την αξιολόγηση της δυνατότητας εφαρμογής αντίστοιχων πρακτικών στην ελληνική πραγματικότητα.

Η εργασία διαρθρώνεται σε επιμέρους κεφάλαια. Αρχικά παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά και οι κατηγορίες των ΑΣΑ, καθώς και το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο. Στη συνέχεια αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης αποβλήτων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη και παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας. Ακολουθεί η εξέταση των ευρωπαϊκών πολιτικών και εφαρμογών της κυκλικής οικονομίας, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται μελέτες περίπτωσης καλών πρακτικών. Τέλος, διατυπώνονται τα συμπεράσματα της έρευνας και προτάσεις βελτίωσης για τη διαχείριση ΑΣΑ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

Με βάση την Ευρωπαϊκή νομοθεσία ως στερεά απόβλητα χαρακτηρίζονται τα υλικά ή τα αντικείμενα τα οποία ο κάτοχός τους απορρίπτει, προτίθεται να απορρίπτει ή υποχρεούται να απορρίπτει, όπως ορίζεται στην Οδηγία 2008/98/ΕΚ και στον νόμο 4819/2021. Η νομοθεσία επίσης θέτει τις βασικές αρχές διαχείρισης αποβλήτων εντός της Ε.Ε καθώς και περιλαμβάνει τις εξής γενικές κατηγορίες αποβλήτων:

- Οικιακά απόβλητα: Απόβλητα που παράγονται από τα νοικοκυριά και περιλαμβάνουν οργανικά υπολείμματα, χαρτί, πλαστικά, γυαλί και άλλα υλικά καθημερινής χρήσης,
- Εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα: Απόβλητα που προκύπτουν από εμπορικές δραστηριότητες, παραγωγικές διαδικασίες και βιομηχανικές δραστηριότητες,
- Απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων: Απόβλητα που προέρχονται από οικοδομικές εργασίες και κατεδαφίσεις, όπως αδρανή υλικά, μέταλλα, ξυλεία και λοιπά δομικά υπολείμματα,
- Απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ): Απόβλητα που προκύπτουν από την απόρριψη ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους,
- Επικίνδυνα απόβλητα: Απόβλητα που περιέχουν ουσίες επιβλαβείς για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία και απαιτούν εξειδικευμένη διαχείριση, όπως χημικά προϊόντα, βαρέα μέταλλα, συσσωρευτές και άλλα.

Στερεά απόβλητα είναι όλα τα απόβλητα που προκύπτουν από ανθρώπινες και ζωικές δραστηριότητες που συνήθως απορρίπτονται ως άχρηστα ή ανεπιθύμητα (Krishna, 2024). Τα απόβλητα κατατάσσονται από την προέλευση τους και όχι από το είδος τους, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων. Ο Ε.Κ.Α περιλαμβάνει είκοσι κύριες κατηγορίες αποβλήτων, οι οποίες προσδιορίζονται από έναν εξαψήφιο κωδικό. Ο κάθε κωδικός συνοδεύεται από έναν σαφή ορισμό (Σαββίδης, 2007). Παρακάτω παρουσιάζεται η ταξινόμηση των αποβλήτων σύμφωνα με την τελευταία τροποποίηση απόφασης 2581/2023 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Πίνακας 1. Ταξινόμηση αποβλήτων σύμφωνα με τον Ε.Κ.Α. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2023)

Ομάδα ΕΚΑ	Περιγραφή Αποβλήτων	Προέλευση
01 01	Απόβλητα από εξόρυξη μεταλλευμάτων	Μεταλλεία
01 03	Απόβλητα φυσικής και χημικής επεξεργασίας μεταλλευμάτων	Εμπλουτισμός μεταλλευμάτων
02 01	Απόβλητα γεωργίας και κηπουρικής	Αγροτικές δραστηριότητες
02 02	Απόβλητα προετοιμασίας κρέατος και τροφίμων ζωικής προέλευσης	Σφαγεία
02 03	Απόβλητα επεξεργασίας φρούτων, λαχανικών και ποτών	Βιομηχανίες τροφίμων
03 01	Απόβλητα επεξεργασίας ξύλου	Ξυλουργικές εργασίες
03 03	Απόβλητα παραγωγής χαρτιού και χαρτονιού	Χαρτοβιομηχανίες
04 01	Απόβλητα βιομηχανίας δέρματος	Βυρσοδεψεία
04 02	Απόβλητα κλωστοϋφαντουργίας	Υφαντουργία
05 01	Απόβλητα διύλισης πετρελαίου	Διυλιστήρια
06 01	Απόβλητα ανόργανων χημικών διεργασιών	Χημική βιομηχανία
07 02	Απόβλητα παραγωγής πλαστικών και συνθετικού καουτσούκ	Βιομηχανία πολυμερών
08 01	Απόβλητα χρωμάτων και βερνικιών	Βιομηχανίες επιστρώσεων
09 01	Απόβλητα φωτογραφικής βιομηχανίας	Φωτογραφικά εργαστήρια
10 01	Απόβλητα σταθμών παραγωγής ενέργειας	Θερμικές διεργασίες
11 01	Απόβλητα χημικής επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων	Επιμεταλλώσεις

Ομάδα ΕΚΑ	Περιγραφή Αποβλήτων	Προέλευση
12 01	Απόβλητα μηχανικής κατεργασίας μετάλλων και πλαστικών	Μηχανουργεία
13 01	Απόβλητα υδραυλικών ελαίων	Βιομηχανικός εξοπλισμός
14 06	Απόβλητα οργανικών διαλυτών και ψυκτικών μέσων	Εργαστήρια και βιομηχανίες
15 01	Απόβλητα συσκευασίας	Χαρτί, πλαστικό, μέταλλο
16 01	Οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής και εξαρτήματα	Συνεργεία οχημάτων
16 06	Μπαταρίες και συσσωρευτές	Ηλεκτρικός εξοπλισμός
17 01	Απόβλητα σκυροδέματος, τούβλων και κεραμικών	Κατασκευές
17 05	Χώματα και πέτρες εκσκαφών	Τεχνικά έργα
18 01	Απόβλητα υγειονομικής περίθαλψης ανθρώπων	Νοσοκομεία
19 08	Απόβλητα εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων	Βιολογικοί καθαρισμοί
20 01	Χωριστά συλλεγόμενα δημοτικά απόβλητα	Ανακύκλωση
20 03	Άλλα δημοτικά απόβλητα	Οικιακά απορρίμματα

Σύμφωνα με το επικαιροποιημένο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) ΦΕΚ 185/2020-09-29 τα Στερεά Απόβλητα ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

Πίνακας 2. Κατηγορίες μη επικίνδυνων και επικίνδυνων αποβλήτων (ΕΣΔΑ 2020)

Κύριο Ρεύμα Αποβλήτων	Επιμέρους Ρεύματα
Απόβλητα Αστικού Τύπου	ΑΣΑ, Ιλύες Αστικού Τύπου
Βιομηχανικά Απόβλητα	Βιομηχανικά μη επικίνδυνα απόβλητα (ΒΜΕΑ), Βιομηχανικά επικίνδυνα απόβλητα (ΒΕΑ)
Γεωργοκτηνοτροφικά Απόβλητα	Γεωργικά απόβλητα Κτηνοτροφικά απόβλητα
Λοιπά Επικίνδυνα Απόβλητα	Απόβλητα που περιέχουν αμίαντο, Απόβλητα συσκευασιών επικίνδυνων ουσιών, Απόβλητα που περιέχουν PCB/PCT
Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ)	Απόβλητα εκσκαφών, Απόβλητα κατασκευών, Απόβλητα κατεδαφίσεων
Ρεύματα Αποβλήτων Εναλλακτικής Διαχείρισης	Απόβλητα (Λιπαντικών) Ελαίων (ΑΕ), Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ), Απόβλητα Συσσωρευτών Οχημάτων και Βιομηχανίας (ΑΣΟΒ), Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), Μεταχειρισμένα Ελαστικά Οχημάτων (ΜΕΟ)
Επικίνδυνα Απόβλητα Υγειονομικών Μονάδων (ΕΑΥΜ)	Επικίνδυνα Απόβλητα Αμιγώς Μολυσματικά (ΕΑΑΜ), Μικτά Επικίνδυνα Απόβλητα (ΜΕΑ), Άλλα Επικίνδυνα Απόβλητα (ΑΕΑ)

1.2 Αστικά Στερεά Απόβλητα (Α.Σ.Α)

Τα ΑΣΑ περιλαμβάνουν οικιακά και εμπορικά απόβλητα που παράγονται σε αστικές περιοχές είτε σε στερεή είτε σε ημιστερεή μορφή, εξαιρουμένων των βιομηχανικών, βιοϊατρικών, επικίνδυνων αποβλήτων και αποβλήτων ηλεκτρικού ή ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Αναλυτικά οι τύποι των αστικών αποβλήτων και η προέλευσή περιγράφονται παρακάτω (Krishna 2024; ΕΣΔΑ 2020) :

- **Οικιακά απόβλητα:** Παράγονται σε οποιονδήποτε ανθρώπινο οικισμό, χωριά, κωμοπόλεις και πόλεις και είναι αποτέλεσμα δραστηριοτήτων όπως το μαγείρεμα,

καθαρισμοί, συντηρήσεις και άλλα, συμπεριλαμβανομένων και υλικά συσκευασίας.

- Εμπορικά απόβλητα: Παράγονται κυρίως σε καταστήματα, εστιατόρια, ξενοδοχεία και κτίρια γραφείων.
- Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα: Απόβλητα που μπορούν να αποσυντεθούν φυσικά μέσω αερόβιων ή αναερόβιων διεργασιών, όπως υπολείμματα τροφίμων, κήπων, χαρτί και χαρτόνι.
- Βιοαπόβλητα: Απόβλητα που προέρχονται από κήπους, πάρκα, κουζίνες, χώρους εστίασης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων.
- Απόβλητα Συσκευασίας: Υλικά συσκευασίας που απορρίπτονται μετά τη χρήση τους, όπως χαρτί, πλαστικό, μέταλλο, γυαλί και ξύλο

Επιπλέον, υπάρχουν αστικά απόβλητα όπως:

- Απόβλητα Φορητών Ηλεκτρικών Στηλών και Συσσωρευτών: Χρησιμοποιημένες φορητές μπαταρίες και συσσωρευτές μικρού μεγέθους από οικιακές και καθημερινές εφαρμογές.
- Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού: Απόβλητα από ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές που προέρχονται από νοικοκυριά ή παρόμοιες χρήσεις.
- Ογκώδη Απόβλητα: Αντικείμενα μεγάλου όγκου, όπως έπιπλα, στρώματα, χαλιά και μεγάλος οικιακός εξοπλισμός.
- Απόβλητα Κλωστοϋφαντουργίας: Υφάσματα, ρούχα και λοιπά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που έχουν καταστεί μη αξιοποιήσιμα ή απορρίπτονται και
- Μικρές Ποσότητες Επικίνδυνων Αποβλήτων: Μικρές ποσότητες οικιακών αποβλήτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες, όπως χρώματα, διαλύτες, φάρμακα και μπαταρίες

1.3 Σύσταση Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Τα ΑΣΑ ταξινομούνται με βάση την σύστασή τους σε οργανικά, απορρίμματα χαρτιού, γυαλί, μέταλλο, πλαστικό, σε επικίνδυνα-τοξικά και λοιπά. Συγκεκριμένα:

- Ζυμώσιμα ή οργανικά, θεωρούνται κυρίως τα υπολείμματα τροφών, τα απόβλητα κήπων όπως γρασίδι, φύλλα, θάμνοι κτλ., υπολείμματα διεργασιών και το ξύλο.
- Απορρίμματα χαρτιού, θεωρούνται χαρτόνια, εφημερίδες, περιοδικά, χάρτινες σακούλες, τηλεφωνικοί κατάλογοι, κουτιά, χαρτί συσκευασίας, χάρτινα ποτήρια και το τεμαχισμένο χαρτί. Αξίζει να σημειωθεί ότι και το χαρτί θεωρείται οργανικό, αρκεί να μην έχει μολυνθεί από υπολείμματα τροφίμων. (Krishna, 2024)
- Στην κατηγορία γυαλί περιλαμβάνονται τα γυάλινα μπουκάλια, οι λαμπτήρες, τα σπασμένα γυαλικά και το χρωματιστό γυαλί.

- Στην κατηγορία των μετάλλων ανήκουν τα μεταλλικά δοχεία, οι λευκές συσκευές, τα μη επικίνδυνα αεροζόλ και άλλα.
- Στην κατηγορία των πλαστικών ανήκουν τα μπουκάλια, οι σακούλες, τα καπάκια, δοχεία και πλαστικές συσκευασίες.
- Στην κατηγορία των επικίνδυνων-τοξικών περιλαμβάνονται σύριγγες μιας χρήσης, φάρμακα, χρώματα, φυτοφάρμακα και χρησιμοποιημένες μπαταρίες.
- Και τέλος, στα λοιπά υλικά περιλαμβάνονται κυρίως το δέρμα, τα υφάσματα, το καουτσούκ, το ξύλο, το λάστιχο, τα ηλεκτρονικά απόβλητα, η τέφρα και άλλα αδρανή υλικά.

Για την αποτελεσματική επεξεργασία και διαχείριση των παραπάνω αποβλήτων είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την ποσότητα και τη σύστασή τους. Χρησιμοποιώντας αυτή τη γνώση, τα στερεά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι τα ΑΣΑ που παράγονται προέρχονται κυρίως από νοικοκυριά (55%-80%), ακολουθούμενα από εμπορικά απόβλητα (10%-30%) ή αγορές (Krishna, 2024).

Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) (2020), η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από υψηλή συμμετοχή οργανικού κλάσματος, το οποίο ανέρχεται περίπου στο 42,6% των παραγόμενων αποβλήτων. Σημαντικά ποσοστά καταλαμβάνουν επίσης το χαρτί και χαρτόνι (24,2%), τα πλαστικά (13,9%), καθώς και μικρότερα ποσοστά γυαλιού, μετάλλων και ξύλου. Τα ποσοστά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 ενώ στον Πίνακα 4 γίνεται ανάλυση του οργανικού κλάσματος αποβλήτων.

Πίνακας 3. Σύσταση ΑΣΑ στην Ελλάδα (πηγή: ΕΣΔΑ 2020)

Κατηγορία Υλικού ΑΣΑ	Ποσοστό (%)
Οργανικό κλάσμα	42,6 %
Χαρτί – Χαρτόνι	24,2 %
Πλαστικά	13,9 %
Γυαλί	4,1 %
Μέταλλα	3,7 %
Ξύλο	3,6 %
Λοιπά υλικά	7,9 %

Πίνακας 4. Ανάλυση οργανικού κλάσματος (πηγή: ΕΣΔΑ 2020, ΕΟΑΝ)

Υποκατηγορία Οργανικών Αποβλήτων	Ποσοστό (%)
Απόβλητα κουζίνας	37,0 %
Απόβλητα κήπων / πράσινα	4,3 %
Βρώσιμα λίπη και έλαια	1,3 %

Η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ στην Ελλάδα επηρεάζεται κυρίως από τις καταναλωτικές συνήθειες, τον βαθμό αστικοποίησης, την τουριστική δραστηριότητα και την περιορισμένη εφαρμογή συστημάτων διαλογής στην πηγή. Η υψηλή συμμετοχή του οργανικού κλάσματος σχετίζεται κυρίως με τα απόβλητα τροφίμων, ενώ η αυξημένη χρήση συσκευασμένων προϊόντων συμβάλλει στα σημαντικά ποσοστά χαρτιού και πλαστικών στα αστικά απόβλητα.

Πίνακας 5. Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2020)

Έτος	ΑΣΑ (τόνοι)	Ποσοστό επί του συνόλου (%)
2004	5.074.791	15,2
2006	5.262.410	10,3
2008	5.159.916	7,5
2010	5.922.904	8,4
2012	5.547.016	7,7
2014	7.495.065	10,7
2016	5.483.633	7,6
2018	5.319.260	11,8
2020	6.056.479	21,4
2022*	6.158.662	20,6

*προσωρινά στοιχεία

Η συλλογή και η επεξεργασία των στοιχείων παραγωγής αποβλήτων στην Ελλάδα διενεργείται από την ΕΛΣΤΑΤ, σύμφωνα με τον Κανονισμό 2150/25-11-2002 (τροποποίηση 849/2010) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου.

Η παραγωγή ΑΣΑ για τα έτη 2004-2018 παρουσιάζεται στον παραπάνω Πίνακα 5.

Από τον πίνακα παρατηρείται μείωση παραγωγής ΑΣΑ κατά τις χρονιές 2004-2008, που συμπίπτουν με την έναρξη της οικονομικής κρίσης στη χώρα, η οποία έφερε αλλαγές στη κοινωνικο-οικονομική καθημερινότητα των πολιτών. Επίσης μετά την κατασκευή και την λειτουργία των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), από το 2010 και μετά, τα στοιχεία ήταν αξιόπιστα λόγω της ζύγισης των απορριμματοφόρων και έκδοσης ζυγολογίων. Αυτό αποτυπώνεται στην αυξημένη ποσότητα των ΑΣΑ μετά το 2010 στον Πίνακα 5. Τα προηγούμενα χρόνια οι ποσότητες ήταν αποτέλεσμα εκτίμησης απορριμματοφόρων. Ακόμα, τις χρονιές 2020-2022 παρατηρείται αύξηση παραγωγής των ΑΣΑ. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα μεν της υπερκατανάλωσης αγαθών και δε της μη σωστής ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των πολιτών για την διαλογή στην πηγή των αποβλήτων.

Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ τα ΑΣΑ ανέρχονται δεύτερη κατηγορία αποβλήτων σε όγκο μετά από τα απόβλητα εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Το 2020 το ποσοστό των ΑΣΑ επί του συνόλου παραγωγής αποβλήτων ήταν στο 21,4 % σε αντίθεση με τα απόβλητα εξορυκτικών δραστηριοτήτων που έφτασαν στο 67,9 %.

1.4 Νομοθετικό Πλαίσιο

Η διαχείριση των ΑΣΑ αποτελεί βασικό πυλώνα της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, καθώς και τη μετάβαση σε ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας. Το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ διαμορφώνεται κυρίως από την Οδηγία 2008/98/ΕΚ (Waste Framework Directive), όπως αυτή τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2018/851, η οποία θέτει τις θεμελιώδεις αρχές και τους στόχους για τη διαχείριση των αποβλήτων.

Κεντρική αρχή της ευρωπαϊκής πολιτικής αποτελεί η ιεράρχηση των αποβλήτων, σύμφωνα με την οποία προτεραιότητα δίνεται στην πρόληψη παραγωγής αποβλήτων, ακολουθούμενη από την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση, την ανάκτηση (π.χ. ενεργειακή αξιοποίηση) και, ως τελευταία λύση, τη διάθεση.

Παράλληλα, υιοθετείται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και η διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού, η οποία καθιστά τους παραγωγούς προϊόντων υπεύθυνους για το σύνολο του κύκλου ζωής των προϊόντων τους.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα ΑΣΑ, για τα οποία έχουν τεθεί συγκεκριμένοι ποσοτικοί στόχοι ανακύκλωσης: τουλάχιστον 60% έως το 2030 και 65% έως το 2035. Επιπλέον, καθίσταται υποχρεωτική η χωριστή συλλογή βασικών ρευμάτων αποβλήτων, όπως το

χαρτί, το πλαστικό, το μέταλλο, το γυαλί και τα βιοαπόβλητα, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των ανακυκλώσιμων υλικών.

Σημαντικό κομμάτι της ευρωπαϊκής νομοθεσίας αποτελεί και η Οδηγία 1999/31/EK για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων, η οποία θέτει αυστηρούς περιορισμούς στην ταφή, προβλέποντας ότι έως το 2035 το ποσοστό των αστικών αποβλήτων που οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 10%.

Όσον αφορά την Ελλάδα το ευρωπαϊκό πλαίσιο ενσωματώθηκε κυρίως μέσω του Νόμου 4819/2021, ο οποίος αντικατέστησε και επικαιροποίησε το προηγούμενο νόμο 4042/2012. Ο νόμος αυτός εξειδικεύει τις ευρωπαϊκές απαιτήσεις και εισάγει συγκεκριμένα μέτρα εφαρμογής σε εθνικό επίπεδο. Ειδικότερα, προβλέπεται η υποχρεωτική χωριστή συλλογή αποβλήτων σε τέσσερα βασικά ρεύματα, καθώς και η καθιέρωση χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων μέσω του καφέ κάδου. Παράλληλα, θεσπίζει το τέλος ταφής ως οικονομικό εργαλείο για τη μείωση της διάθεσης αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής και την ενίσχυση της ανακύκλωσης.

Η εφαρμογή της νομοθεσίας ορίζεται σε διάφορα επίπεδα διοίκησης, με τους δήμους να είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή των αστικών αποβλήτων και τους Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ) για την επεξεργασία και διάθεσή τους. Παράλληλα, λειτουργούν συστήματα διευρυμένης ευθύνης παραγωγού για συγκεκριμένα ρεύματα, όπως οι συσκευασίες και τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά απόβλητα.

Συνοψίζοντας, το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στοχεύει στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων, την αύξηση της ανακύκλωσης και τη σταδιακή απεξάρτηση από την υγειονομική ταφή, προωθώντας ένα πιο βιώσιμο και αποδοτικό μοντέλο διαχείρισης πόρων.

1.5 Υφιστάμενη Κατάσταση Διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση, η διαχείριση αποβλήτων περιλαμβάνει τη συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της εμποτείας των εργασιών αυτών και της μετέπειτα φροντίδας των χώρων διάθεσης, καθώς και των ενεργειών που πραγματοποιούνται από εμπόρους ή μεσίτες αποβλήτων» (πηγή: Οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί αποβλήτων)

Η πληθυσμιακή κατανομή στην Ελλάδα αντιστοιχεί περίπου το 80% σε αστικές περιοχές και το 20% σε αγροτικές περιοχές (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ-Απογραφή 2021, World Bank Data). Από τα στοιχεία αυτά λόγω της αστικοποίησης και της οικονομικής ανάπτυξης προκύπτει συνεχή αύξηση των ΑΣΑ. Όπως προαναφέρθηκε τα ΑΣΑ στην Ελλάδα είναι ένα ποικίλο μείγμα απορριμμάτων που περιλαμβάνει οργανικά απόβλητα, πλαστικά, μέταλλα, χαρτί, επικίνδυνα και βιολογικά επικίνδυνα συστατικά και αδρανή υλικά.

Ιεραρχικά, ξεκινώντας από την κορυφή υπεύθυνο για την ανάπτυξη και την εφαρμογή της περιβαλλοντικής πολιτικής σε εθνικό επίπεδο είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Το ΥΠΕΝ εκπονεί το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), το οποίο εγκρίνεται με Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου για την εφαρμογή του στον δημόσιο τομέα. Στη συνέχεια είναι ευθύνη των Περιφερειών όσον αφορά την αδειοδότηση εγκαταστάσεων διαχείρισης και επεξεργασίας αποβλήτων αλλά και την κατάρτιση των Περιφερειακών Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ). Ακόμα, ευθύνη εφαρμογής των παραπάνω έχουν οι Δήμοι και οι αντίστοιχοι Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ). Τέλος, όσον αφορά την εναλλακτική διαχείριση υπεύθυνος είναι ο Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), ο οποίος παρακολουθεί την επίτευξη των Εθνικού Σχεδίου αλλά και των εθνικών στόχων για τα ανακυκλώσιμα υλικά.

Το υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικές αδυναμίες και αποκλίσεις από τους στόχους που είχαν τεθεί στο προηγούμενο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων. Παρά τις προσπάθειες εκσυγχρονισμού και προσαρμογής στις ευρωπαϊκές απαιτήσεις, η συνολική εικόνα της διαχείρισης των ΑΣΑ εξακολουθεί να χαρακτηρίζεται από χαμηλές επιδόσεις ανακύκλωσης και υψηλή εξάρτηση από την υγειονομική ταφή.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του 2018, τα ποσοστά ανακύκλωσης με προδιαλογή και συνολικής ανάκτησης ΑΣΑ ανέρχονταν μόλις σε 16,5% και 21,6% αντίστοιχα, ποσοστά σημαντικά χαμηλότερα από τους στόχους του προηγούμενου ΕΣΔΑ για το 2020, οι οποίοι είχαν οριστεί στο 50% και 74%. Η απόκλιση αυτή καταδεικνύει τη δυσκολία προσαρμογής της χώρας στις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής πολιτικής για την κυκλική οικονομία και τη βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων. Ιδιαίτερα έντονο παραμένει το πρόβλημα της εξάρτησης από την υγειονομική ταφή. Η διάθεση αποβλήτων σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων εξακολουθεί να αποτελεί την κυρίαρχη μέθοδο διαχείρισης, με ποσοστό περίπου 78,4% των παραγόμενων ΑΣΑ το 2018. Το ποσοστό αυτό απέχει σημαντικά τόσο από τον εθνικό στόχο του 26% όσο και από τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η κατάσταση αυτή υποδεικνύει την περιορισμένη ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών διαχείρισης, όπως η ανακύκλωση, η κομποστοποίηση και η ενεργειακή αξιοποίηση. Σημαντική υστέρηση καταγράφεται επίσης στη διαχείριση των βιοαποβλήτων. Οι ποσότητες βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που οδηγούνται σε ταφή παραμένουν ιδιαίτερα υψηλές, υπερβαίνοντας κατά πολύ τα επιτρεπόμενα όρια της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Επιπλέον, η χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων δεν έχει αναπτυχθεί επαρκώς, καθώς το ποσοστό χωριστής συλλογής για το 2018 ανήλθε μόλις σε 5,7%, έναντι στόχου 40% που είχε τεθεί για το 2020.

Όσον αφορά τα ανακυκλώσιμα υλικά, όπως χαρτί, πλαστικό, γυαλί και μέταλλο, τα ποσοστά ανακύκλωσης παραμένουν χαμηλά σε σχέση με τους ευρωπαϊκούς στόχους. Η κυρίαρχη πρακτική συλλογής μέσω κοινού κάδου ανακυκλώσιμων υλικών περιορίζει την ποιότητα των ανακτώμενων υλικών και δυσχεραίνει την αποτελεσματική αξιοποίησή τους. Παράλληλα, η ανεπαρκής εφαρμογή συστημάτων διαλογής στην πηγή συμβάλλει στη μειωμένη αποδοτικότητα των συστημάτων ανακύκλωσης.

Επιπλέον, προβλήματα εντοπίζονται και στη διαχείριση ειδικών ρευμάτων αποβλήτων, όπως οι φορητές ηλεκτρικές στήλες, οι συσσωρευτές και τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Παρότι έχουν σημειωθεί βελτιώσεις, αρκετοί από τους στόχους συλλογής και ανακύκλωσης δεν έχουν επιτευχθεί πλήρως.

Οι Πίνακες 6 και 7 παρουσιάζουν την απόκλιση και την υπέρβαση αντίστοιχα των εθνικών στόχων για την ορθή διαχείριση των ΑΣΑ.

Πίνακας 6. Βασικοί Δείκτες Διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα (πηγή, ΕΛΣΑ 2020)

Δείκτης	Τιμή (2018) (%)	Στόχος 2020 (%)	Απόκλιση (%)
Ανακύκλωση ΑΣΑ με προδιαλογή	16,5	50	-33,5
Συνολική ανάκτηση ΑΣΑ	21,6	74	-52,4
Διάθεση ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ	78,4	26	+52,4
Χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων	5,7	40	-34,3
Ανακύκλωση χαρτιού, πλαστικού, γυαλιού και μετάλλου	31	50 (Οδηγία 2008/98/ΕΚ)	-19
Ανακύκλωση χαρτιού, πλαστικού, γυαλιού και μετάλλου	31	75	-44
Διαλογή στην πηγή ανακυκλώσιμων υλικών	30,8	65	-34,2
Ανακύκλωση αποβλήτων συσκευασίας	64,4 κ.β.	80,2 κ.β.	-15,8
Συλλογή φορητών ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών	33,6	45	-11,4
Συλλογή ΑΗΗΕ	44,6	45	-0,4

Πίνακας 7. Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα (ΒΑΑ)

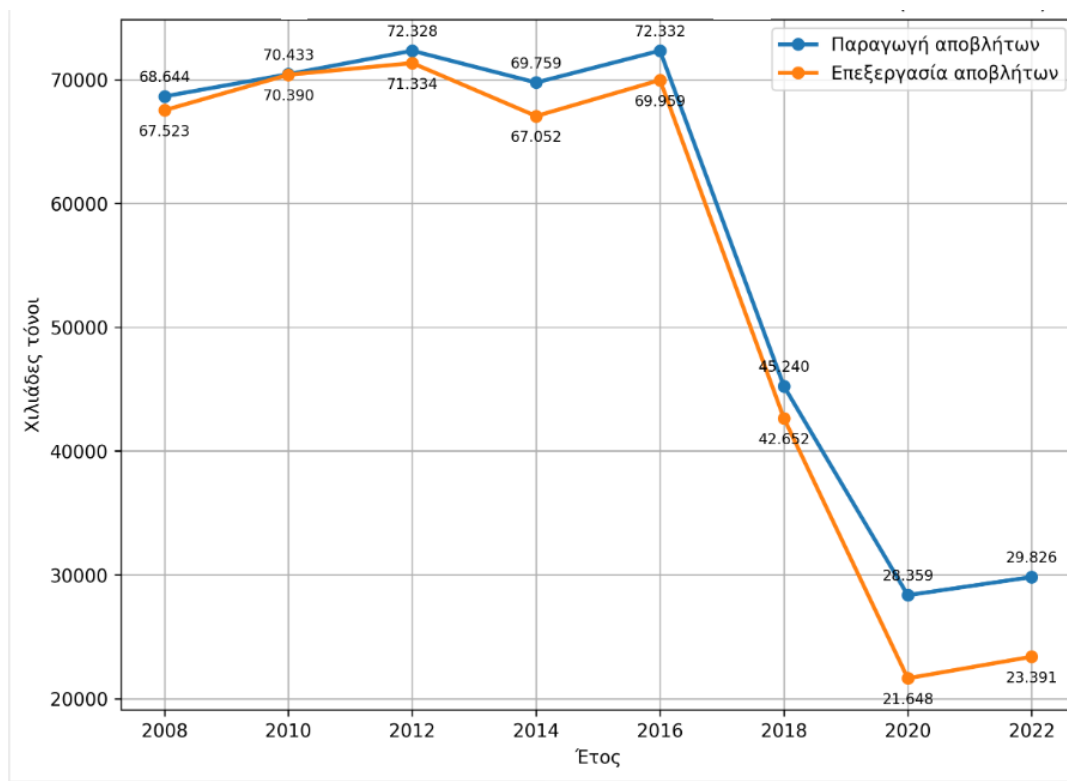
Παράμετρος	Ποσότητα (τόνοι)
ΒΑΑ που οδηγήθηκαν σε ΧΥΤΑ (2018)	2.771.773
Μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα ΒΑΑ σε ΧΥΤΑ	910.000
Υπέρβαση επιτρεπόμενου ορίου	1.861.773

Ακόμα, η ανάπτυξη και λειτουργία σύγχρονων υποδομών διαχείρισης αποβλήτων παρουσιάζει σημαντικές καθυστερήσεις. Αν και τα τελευταία χρόνια τέθηκαν σε λειτουργία νέες Μονάδες Επεξεργασίας Αποβλήτων (ΜΕΑ), όπως οι μονάδες Κοζάνης, Ηλείου και Σερρών, εξακολουθούν να υφίστανται σοβαρές ελλείψεις σε ολοκληρωμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας και ανάκτησης αποβλήτων. Οι καθυστερήσεις αυτές οφείλονται κυρίως σε χρονοβόρες διοικητικές διαδικασίες, τοπικές αντιδράσεις και προβλήματα χωροθέτησης. Ένα επιπλέον σημαντικό πρόβλημα αποτελεί η συνέχιση της ύπαρξης Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων παρά τις καταδικαστικές αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τα σχετικά πρόστιμα που έχουν επιβληθεί στη χώρα. Αν και έχουν πραγματοποιηθεί ενέργειες αποκατάστασης και παύσης λειτουργίας αρκετών ΧΑΔΑ, εξακολουθούν να υπάρχουν ενεργοί ή μη αποκατεστημένοι χώροι, γεγονός που επιβαρύνει σημαντικά το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα. (πηγή: ΕΣΔΑ 2020)

Πίνακας 8. Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ)

Κατηγορία ΧΑΔΑ	Αριθμός
Συνολικές περιπτώσεις ΧΑΔΑ με επιβολή προστίμου	52
Ενεργοί και μη αποκατεστημένοι ΧΑΔΑ	8
Μη αποκατεστημένοι ΧΑΔΑ	24
Αποκατεστημένοι ΧΑΔΑ που δεν έχουν γίνει αποδεκτοί από την ΕΕ	20
ΧΑΔΑ που αποκαταστάθηκαν πρόσφατα	3
ΧΑΔΑ που έπαυσαν να λειτουργούν και αποκαταστάθηκαν	1

Παρακάτω το Διάγραμμα 1, αποτυπώνει την εξέλιξη παραγωγής και διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα από το 2008 μέχρι 2022.



Διάγραμμα 1. Εξέλιξη παραγωγής αποβλήτων 2008-2022 (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ,2022)

Παρατηρείται ότι έως το 2016 οι παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων διατηρούνται σε σχετικά υψηλά επίπεδα, με μικρές διακυμάνσεις (ποσότητα του 2014). Η μέγιστη τιμή καταγράφεται το 2016, όπου η παραγωγή αποβλήτων ανέρχεται στους 72.332 εκ. τόνους. Από το 2018 και έπειτα σημειώνεται έντονη μείωση τόσο στην παραγωγή όσο και στην επεξεργασία αποβλήτων. Η πτώση αυτή συνδέεται με μεταβολές στην οικονομική δραστηριότητα, στη βιομηχανική παραγωγή, αλλά και στη διαφοροποίηση των μεθόδων καταγραφής και διαχείρισης αποβλήτων. Η μεγαλύτερη μείωση σημειώνεται το 2020, χρονιά η οποία συμπίπτει με την έναρξη της πανδημίας του COVID. Η μείωση οφείλεται κυρίως στα περιοριστικά μέτρα που εφαρμόστηκαν την περίοδο εκείνη. Παράλληλα, η επεξεργασία αποβλήτων ακολουθεί παρόμοια πορεία με την παραγωγή, ωστόσο εμφανίζεται σε χαμηλότερα επίπεδα, γεγονός που υποδηλώνει ότι σημαντικές ποσότητες αποβλήτων εξακολουθούν να μην οδηγούνται σε κατάλληλη επεξεργασία.

Συνολικά, η Ελλάδα εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις στον τομέα της διαχείρισης ΑΣΑ. Η επίτευξη των νέων στόχων της κυκλικής οικονομίας προϋποθέτει την ενίσχυση των υποδομών, τη βελτίωση των συστημάτων διαλογής στην πηγή, τη μείωση της ταφής και την ενεργή συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία ανακύκλωσης και πρόληψης παραγωγής αποβλήτων

Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020–2030 θέτει ένα νέο πλαίσιο στρατηγικών στόχων για τη διαχείριση των ΑΣΑ, εναρμονισμένο με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Βασικός στόχος αποτελεί η αύξηση της προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των αστικών αποβλήτων σε ποσοστό τουλάχιστον 60% έως το 2030. Παράλληλα, επιδιώκεται η δραστική μείωση της υγειονομικής ταφής, με στόχο το ποσοστό των αποβλήτων που οδηγούνται σε ταφή να μην υπερβαίνει το 10% έως το 2030. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται επίσης στη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, στην ανάπτυξη σύγχρονων υποδομών επεξεργασίας αποβλήτων και στην ενίσχυση της διαλογής στην πηγή, με σκοπό τη βελτίωση των ποσοστών ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών.

1.5.1 Διαχείριση ΑΣΑ στην Ευρώπη

Στην Ευρωπαϊκές χώρες κατά την δεκαετία του 2020 παρήχθησαν περίπου 230 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων, που αντιστοιχούσαν σε 513 kg ανά κάτοικο ετησίως. Ωστόσο, η αξιοπιστία των στοιχείων επηρεάζεται από τις διαφορές στις μεθόδους καταγραφής και την τότε έλλειψη εναρμονισμένων συστημάτων παρακολούθησης μεταξύ των χωρών. Η υγειονομική ταφή αποτελούσε τη βασική μέθοδο διαχείρισης αποβλήτων στις περισσότερες χώρες, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους της. Παράλληλα, ενισχυόταν σταδιακά η αναγνώριση της πρόληψης παραγωγής αποβλήτων, της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης ως πιο βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης. Η ανάπτυξη καθαρότερων τεχνολογιών και μέτρων πρόληψης θεωρήθηκε καθοριστικής σημασίας.

Οι χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης αντιμετώπιζαν σημαντικές προκλήσεις λόγω της ανεπαρκούς διαχείρισης αποβλήτων και της αυξανόμενης παραγωγής τους. Οι βασικές ανάγκες περιλάμβαναν τη βελτίωση της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων, την αναβάθμιση των χώρων υγειονομικής ταφής, την προώθηση της ανακύκλωσης και την εφαρμογή μέτρων πρόληψης της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, με γνώμονα την αειφόρο διαχείριση των πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος, ανέπτυξε ένα ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο βασισμένο στις αρχές του «ο ρυπαίνων πληρώνει». Το πλαίσιο αυτό συνέβαλε στην εναρμόνιση των εθνικών πολιτικών διαχείρισης αποβλήτων, ενώ παράλληλα αποτέλεσε πρότυπο για πολλές χώρες που επιδίωκαν την προσέγγιση ή ένταξή τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση. (πηγή: ΕΟΠ).

Ο μέσος όρος των αστικών αποβλήτων για το χρονικό διάστημα 2010-2022 στην ΕΕ απεικονίζεται παρακάτω.

Πίνακας 9. Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων στην ΕΕ-27 (2010–2022)

Έτος	Μέσος όρος παραγωγής ΑΣΑ (kg/κάτοικο)
2010	503
2011	500
2012	492
2013	481
2014	478
2015	481
2016	483
2017	487
2018	492
2019	502
2020	505
2021	532
2022	513

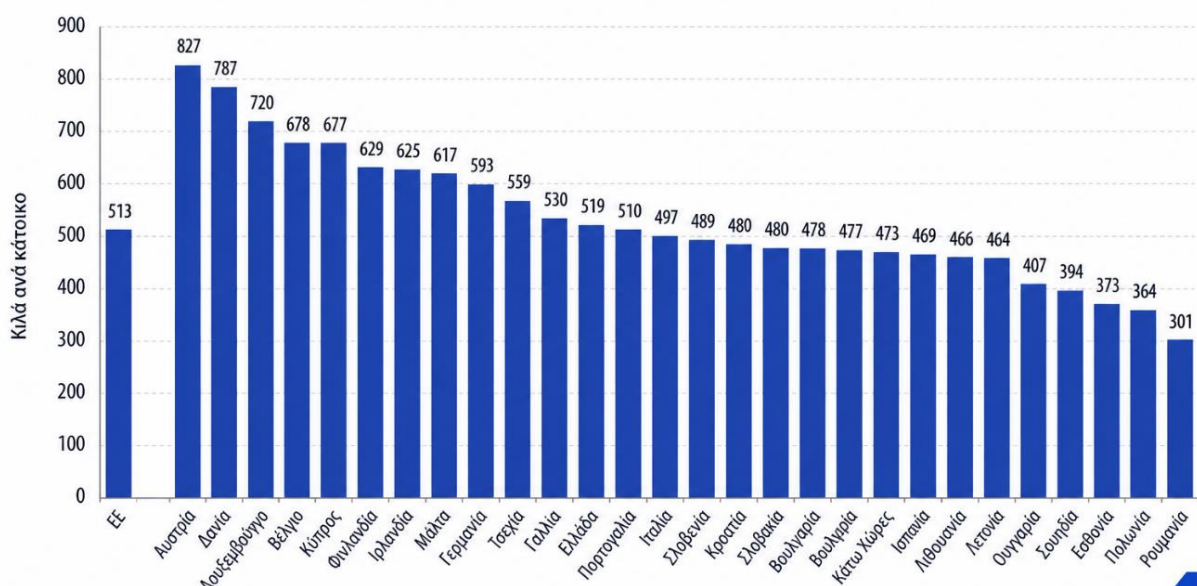
Σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat, η παραγωγή αστικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις κατά την περίοδο 2010–2022. Ο μέσος όρος της ΕΕ-27 μειώθηκε από 503 kg ανά κάτοικο το 2010 σε 478 kg ανά κάτοικο το 2014, γεγονός που συνδέεται με τις επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης και τη βελτίωση των πολιτικών πρόληψης αποβλήτων. Από το 2015 και έπειτα παρατηρείται σταδιακή αύξηση, με κορύφωση το 2021 (532 kg/κάτοικο), έτος που ακολούθησε την πανδημία COVID-19 και χαρακτηρίστηκε από την επανεκκίνηση της οικονομικής και καταναλωτικής δραστηριότητας. Το 2022 η παραγωγή μειώθηκε εκ νέου στα 513 kg ανά κάτοικο.

Παρατηρώντας την παραγωγή των ΑΣΑ κατά κεφαλήν στην ΕΕ για το έτος 2022 αξίζει να σημειωθεί ότι κράτη όπως η Αυστρία, η Δανία και το Λουξεμβούργο παρουσιάζουν υψηλή παραγωγή ΑΣΑ. Σύμφωνα με τον ΕΟΠ η υψηλή παραγωγή αστικών αποβλήτων συνδέεται

άμεσα με τα καταναλωτικά πρότυπα των νοικοκυριών, το υψηλό εισόδημα και τις διαφοροποιήσεις στον τρόπο καταγραφής των αποβλήτων μεταξύ των χωρών. Επιπλέον, σε χώρες όπως το Λουξεμβούργο, η σημαντική παρουσία διασυννοριακών εργαζομένων και η ενσωμάτωση αποβλήτων από εμπορικές και υπηρεσιακές δραστηριότητες αυξάνουν τις καταγεγραμμένες ποσότητες ανά κάτοικο. Παρά τις υψηλές ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων, οι χώρες αυτές παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές επιδόσεις στην ανακύκλωση, την ανάκτηση υλικών και την ενεργειακή αξιοποίηση, ενώ η εξάρτησή τους από την υγειονομική ταφή παραμένει εξαιρετικά περιορισμένη.

Παραγωγή αστικών αποβλήτων στην ΕΕ, 2022

(κιλά ανά κάτοικο)

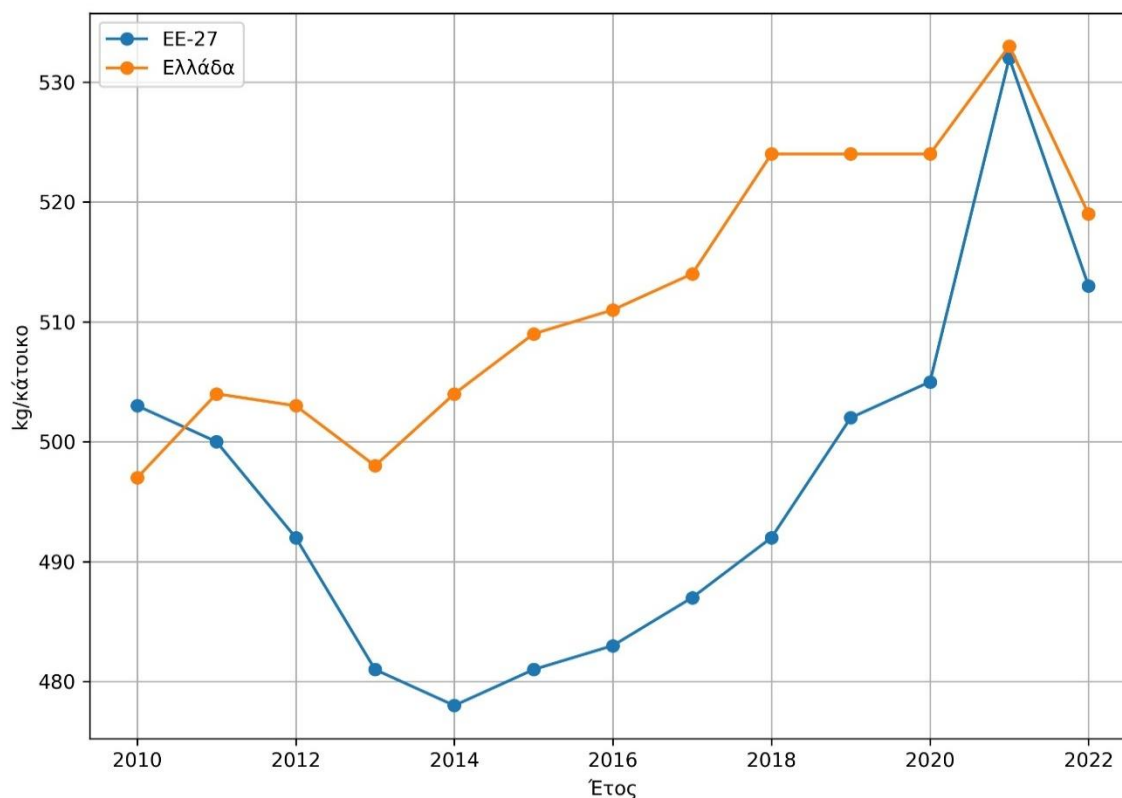


eurostat

Πηγή: Eurostat (env_wasmun) – Δεδομένα 2022.

Διάγραμμα 2. Παραγωγή ΑΣΑ στην ΕΕ, 2022

1.5.2 Σύγκριση Ελλάδας και ΕΕ-27



Διάγραμμα 3. Παραγωγή αστικών αποβλήτων ανά κάτοικο, Ελλάδα και ΕΕ-27(2010-2020)

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η Ελλάδα κινείται διαχρονικά σε γενικές γραμμές σχετικά κοντά στον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς την παραγωγή αστικών αποβλήτων ανά κάτοικο. Μετά το 2015 παρατηρείται σταδιακή αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων, με την Ελλάδα να εμφανίζει τιμές ελαφρώς υψηλότερες από τον μέσο όρο της ΕΕ-27. Η μέγιστη τιμή καταγράφεται το 2021 (533 kg/κάτοικο), ενώ το 2022 παρατηρείται μικρή μείωση τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η εξέλιξη αυτή συνδέεται με τις μεταβολές της οικονομικής δραστηριότητας, των καταναλωτικών προτύπων και των συνθηκών που διαμορφώθηκαν κατά και μετά την περίοδο της πανδημίας COVID-19.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά Κυκλικής Οικονομίας

Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας (Κ.Ο) κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη προσοχή από την πολιτική, τη βιομηχανία και τον ακαδημαϊκό κόσμο. Υπάρχει μια ταχέως εξελισσόμενη συζήτηση σχετικά με τους ορισμούς, τους περιορισμούς, τη συμβολή σε ένα ευρύτερο θεματολόγιο βιωσιμότητας και την ανάγκη για δείκτες για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων κυκλικής οικονομίας σε μεγαλύτερη κλίμακα.

Η Κυκλική Οικονομία είναι ένα μοντέλο οικονομίας το οποίο βασίζεται στη μείωση της χρήσης των πρώτων υλών και πόρων, καθώς και της παραγωγής αποβλήτων, οδηγώντας στην ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση των υλικών και των προϊόντων.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση, η Κ.Ο είναι ένα οικονομικό σύστημα που διατηρεί την αξία των προϊόντων, των υλικών και των πόρων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο διάστημα, μέσω της επαναχρησιμοποίησης, επισκευής, ανακατασκευής και ανακύκλωσής τους, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την παραγωγή αποβλήτων. Δηλαδή, χρήση λιγότερων φυσικών πόρων και μείωση της εξάρτησης από τις πρώτες ύλες. Με αυτό τον τρόπο μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η παραγωγή αποβλήτων και το αντίκτυπό μας στο περιβάλλον και στη φύση.

Σε αντίθεση με το γραμμικό μοντέλο «παραγωγή–κατανάλωση–απόρριψη», η κυκλική οικονομία επιδιώκει τη δημιουργία κλειστών βρόχων υλικών και ενέργειας, όπου τα απόβλητα μετατρέπονται σε δευτερογενείς πόρους και επανεισάγονται στην παραγωγική διαδικασία (Rashed, 2023).

Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι το προϊόν που δημιουργείται και χρησιμοποιείται μια φορά να μην απορρίπτεται, αλλά να υπάρχει η δυνατότητα, να επαναχρησιμοποιείται, να επισκευάζεται και να ανακυκλώνεται.

Εικόνα 1. Ιεράρχηση Διαχείρισης ΑΣΑ στα πλαίσια Κυκλικής Οικονομίας



Η έννοια της κυκλικότητας χρονολογείται από το 1966 και οι προσεγγίσεις κυκλικότητας στην οικονομία αναλύθηκαν αργότερα το 1991 από τον Leontief. Ωστόσο, η πιο πρόσφατη έκδοση της Κ.Ο. επισημοποιήθηκε το 2013 σε τέσσερις βασικές πτυχές (Adami & Schiavon, 2021) :

- Η Κ.Ο. αντικαθιστά την έννοια του «τέλους ζωής» με την έννοια της «αποκατάστασης».
- επιδιώκει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- αρνείται τη χρήση τοξικών ενώσεων και
- στοχεύει στη μείωση των αποβλήτων μέσω της αναδιάταξης των διαδικασιών παραγωγής και προμήθειας.

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας εμβαθύνθηκε περαιτέρω με το ψήφισμα που εγκρίθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη στις 25 Σεπτεμβρίου 2015, γνωστό ως «Ατζέντα 2030».

Σύμφωνα με τους Ijimdiya et al. (2026) η Κυκλική Οικονομία έγινε πιο συμβατική στις αρχές της δεκαετίας του 2000, ιδιαίτερα στο πλαίσιο πολιτικής της Κίνας. Η κινεζική κυβέρνηση πρόσθεσε τις αρχές της κυκλικής οικονομίας στην εθνική αναπτυξιακή πολιτική της το 2002, με σκοπό να αυξήσει την παραγωγικότητα των πόρων και να μειώσει

τη ρύπανση. Γενικά, η ιδέα της κυκλικής οικονομίας βασίζεται σε πολλούς κλάδους: οικολογικά οικονομικά, συστημική σκέψη και θεωρία της βιώσιμης ανάπτυξης.

2.2 Εξέλιξη, Στόχοι και Στρατηγικές Κυκλικής Οικονομίας

Από τα παλαιότερα χρόνια η ανακύκλωση των αποβλήτων ήταν μια κοινή και ευρέως εφαρμοσμένη πρακτική, ιδιαίτερα στη γεωργία (κοπριά, κομπόστ), στην πρωτογενή βιομηχανία (μέταλλα και μεταλλεύματα από απορρίμματα κατεργασίας), στον κατασκευαστικό τομέα (τοιχοποιία και πέτρες) και για καταναλωτικά αγαθά (Brunner & Morf, 2024). Ωστόσο η ανακύκλωση έγινε βασικό θέμα στην ατζέντα της σύγχρονης διαχείρισης αποβλήτων, με το χαρτί, τη βιομάζα, το μέταλλο, το γυαλί, το πλαστικό και άλλα συστατικά των ΑΣΑ να συλλέγονται χωριστά. Επίσης, η ταχεία ανάπτυξη ισχυρών κρατών δημιούργησε μεγάλη ζήτηση για πόρους τόσο για την ανάπτυξη υποδομών όσο και για καταναλωτικά αγαθά. Ταυτόχρονα, νέα υλικά εισήλθαν στην αγορά, ανοίγοντας για άλλη μια φορά τον αγώνα για τη ζήτηση πόρων. Τα αποτελέσματα ήταν η αύξηση των τιμών και η μερική έλλειψη ορισμένων υλικών, τα οποία θεωρούνταν απειλή για τη μελλοντική ανάπτυξη.

Σήμερα, η κυκλική οικονομία είναι ένα δημοφιλές αντικείμενο μεγάλης επικαιρότητας για την κοινωνία, τη δημόσια πολιτική, για την οικονομική έρευνα και την έρευνα πόρων και για εφαρμογή σε πολλούς οικονομικούς τομείς. Οι βιβλιογραφικές αναζητήσεις του όρου «κυκλική οικονομία» στο αποδίδουν σχεδόν 400.000 άρθρα (Brunner & Morf, 2024).

Οι Kirchherr et al. (2017) αφού έκαναν ανάλυση των 114 ορισμών της Κ.Ο κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η Κυκλική Οικονομία σημαίνει πολλά διαφορετικά πράγματα για διαφορετικούς ανθρώπους. Σύμφωνα με αυτούς η κυκλική οικονομία περιγράφει ένα οικονομικό σύστημα που βασίζεται σε επιχειρηματικά μοντέλα που αντικαθιστούν την έννοια του «τέλους του κύκλου ζωής» με τη μείωση, εναλλακτικά την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ανάκτηση υλικών στις διαδικασίες παραγωγής και κατανάλωσης. Έτσι λειτουργεί, σε μικροεπίπεδο όπως σε προϊόντα, εταιρείες, καταναλωτές, μεσοεπίπεδο όπως οικολογικά βιομηχανικά πάρκα και τέλος σε μακροεπίπεδο για παράδειγμα σε πόλεις, περιφέρειες, έθνος και όχι μόνο. Στόχος της είναι η επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, που συνεπάγεται τη δημιουργία περιβαλλοντικής ποιότητας, οικονομικής ευημερίας και κοινωνικής ισότητας, προς όφελος των σημερινών και των μελλοντικών γενεών.

Με βάση τη σχετική βιβλιογραφία, διέκριναν τις ακόλουθες δυο προσεγγίσεις για την κυκλική οικονομία:

1. Στόχοι της κυκλικής οικονομίας με την στενότερη έννοια:
 - Διατήρηση των πρωτογενών πόρων με πολλαπλή ανακύκλωση υλικών:
 - Επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση υλικών, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για πρωτογενή υλικά, ενέργεια και γη με την αντικατάσταση της εξόρυξης και της πρωτογενούς επεξεργασίας μεταλλεύματος από δευτερογενή εξόρυξη (π.χ. αστική εξόρυξη).
 - Μείωση των εκπομπών με την αντικατάσταση της εξόρυξης και της πρωτογενούς επεξεργασίας μεταλλεύματος με λιγότερο ρυπογόνο κύκλο δευτερογενών υλικών
 - Αύξηση της αυτονομίας των πόρων και μείωση της εξάρτησης από ξένους πόρους
2. Στόχοι της κυκλικής οικονομίας με την ευρύτερη έννοια:
 - Εκτός από την παραπάνω κυκλική οικονομία με προσανατολισμό στα απόβλητα, οι στόχοι διευρύνονται και περιλαμβάνουν μια συστημική άποψη, με κοινωνικά ζητήματα, με τρία βασικά στοιχεία να βρίσκονται στο επίκεντρο: σχεδιασμός για κυκλικότητα, στενοί δεσμοί μεταξύ των κύκλων υλικών και των χρηματοοικονομικών συστημάτων και μια ολιστική ερμηνεία της έννοιας της κυκλικής οικονομίας, αντικαθιστώντας την «οικονομία των μηχανών» από ένα «ένθετο ζωντανό σύστημα».

Ο συνδυασμός των δυο παραπάνω στόχων αναφέρονται συχνά στις εθνικές και περιφερειακές πολιτικές και νομοθεσίες. Η ΕΕ αντιλαμβάνεται την κυκλική οικονομία ως μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης, με μέγιστη επέκταση του κύκλου ζωής των προϊόντων. Περιλαμβάνει την κοινή χρήση, τη χρηματοδοτική μίσθωση, την επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή, την ανακαίνιση και την ανακύκλωση υφιστάμενων υλικών και προϊόντων όσο το δυνατόν περισσότερο (Brunner & Morf, 2024).

Οι στρατηγικές της κυκλικής οικονομίας βασίζονται στην αποδοτικότερη χρήση των φυσικών πόρων και στην παράταση του κύκλου ζωής των προϊόντων. Η εφαρμογή της Κ.Ο στον πραγματικό κόσμο κατευθύνεται από μια σειρά προσεγγίσεων που συνήθως συντομεύονται στα 3R: Μείωση, Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση. Αυτές οι κεντρικές ιδεολογίες έχουν σχεδιαστεί για να μειώνουν την εισροή πόρων και την παραγωγή αποβλήτων. Φτάνοντας στη σύγχρονη κατανόηση της Κ.Ο τα 3R ξεπεράστηκαν, ενσωματώνοντας έτσι και άλλες έννοιες όπως: Ανακατασκευή, Επισκευή, Επανεξέταση και Ανάκτηση (Ijimdiya et al., 2026).

Μια σημαντική προσέγγιση για την έννοια της κυκλικής οικονομίας δόθηκε από το Ίδρυμα Ellen MacArthur το 2013, με την εισαγωγή του λεγόμενου «διαγράμματος πεταλούδας»

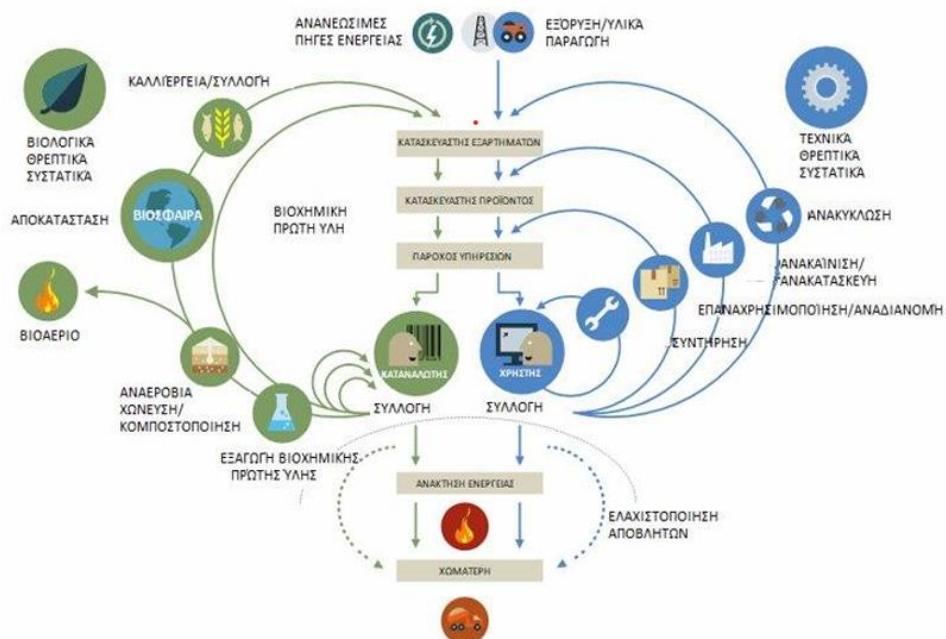
(butterfly diagram). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, η κυκλική οικονομία οργανώνεται γύρω από δύο θεμελιώδεις διακριτές ροές υλικών: τον βιολογικό και τον τεχνικό κύκλο. Σύμφωνα με την έκθεση του Ιδρύματος, τα βιολογικά υλικά μπορούν να επιστρέψουν με ασφάλεια στο φυσικό περιβάλλον ως βιοαποδομήσιμα θρεπτικά συστατικά μετά από έναν ή περισσότερους κύκλους χρήσης, προσθέτοντας αξία στο περιβάλλον, ενώ τα τεχνικά υλικά δεν μπορούν να εισέλθουν ξανά στο φυσικό περιβάλλον και οφείλουν να παραμένουν σε συνεχή κυκλοφορία ώστε να διατηρείται η αξία τους.

Στον τεχνικό κύκλο, τα προϊόντα και τα υλικά διατηρούνται σε κυκλοφορία μέσω διαδικασιών όπως η επαναχρησιμοποίηση, η επισκευή, η ανακατασκευή και η ανακύκλωση, ενώ στον βιολογικό κύκλο τα θρεπτικά συστατικά των βιοαποδομήσιμων υλικών επιστρέφουν στη γη για την αναγέννηση της φύσης. Σημαντικό στοιχείο της προσέγγισης είναι η ιεράρχηση των στρατηγικών εντός του τεχνικού κύκλου: οι εσωτερικοί βρόχοι, όπως η επαναχρησιμοποίηση και η επισκευή, που διατηρούν την υψηλότερη αξία ενός προϊόντος μέσω παράτασης της περιόδου χρήσης του, θα πρέπει να προηγούνται έναντι των εξωτερικών βρόχων όπου το προϊόν αποσυναρμολογείται και ανακατασκευάζεται, με την ανακύκλωση να αποτελεί την τελευταία λύση του κύκλου ζωής του. Η κυκλική οικονομία περιγράφεται, επομένως, ως ένα σχεδιαστικά οικονομικό σύστημα αναγέννησης και αποκατάστασης, που στοχεύει στην εξάλειψη των αποβλήτων, στη συνεχή κυκλοφορία προϊόντων και υλικών και στην αναγέννηση των φυσικών συστημάτων (πηγή: Ellen MacArthur Foundation/Towards the circular economy, 2013).

Η στρατηγική της μείωσης (Reduce) θεωρείται η σημαντικότερη προσέγγιση, καθώς στοχεύει στον περιορισμό της κατανάλωσης φυσικών πόρων ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού των προϊόντων. Μέσω της οικολογικής σχεδίασης (eco-design), οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν τη χρήση πρώτων υλών, να περιορίσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις και να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Η προσέγγιση αυτή συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και στην αποδοτικότερη χρήση των διαθέσιμων πόρων.

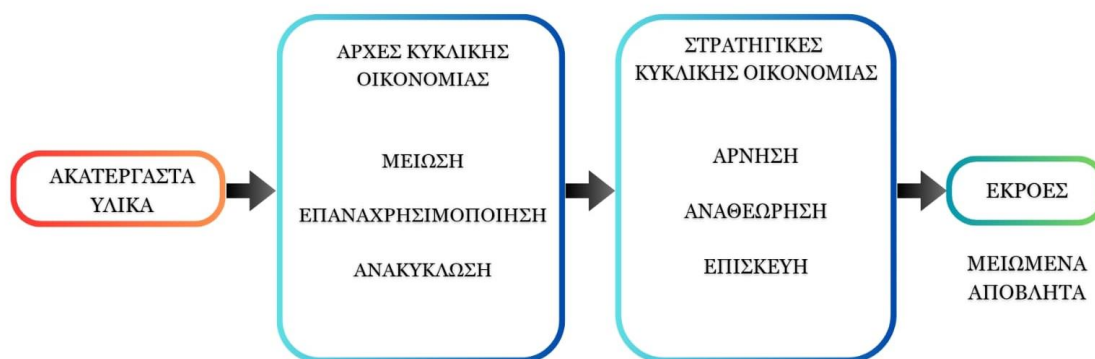
Στη συνέχεια, ιδιαίτερη σημασία έχει η επαναχρησιμοποίηση (Reuse), η οποία επιτρέπει την παράταση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος χωρίς σημαντική επεξεργασία. Η επαναχρησιμοποίηση μειώνει την ανάγκη παραγωγής νέων προϊόντων και περιορίζει την κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας. Παράλληλα, στρατηγικές όπως η επισκευή (Repair) και η ανακατασκευή (Remanufacture) συμβάλλουν στη διατήρηση της λειτουργικότητας των προϊόντων, αποτρέποντας την πρόωρη απόρριψή τους και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα των παραγωγικών συστημάτων.

Εικόνα 2. «Διάγραμμα της πεταλούδας» (επεξεργασία/μορφοποίηση από: Ίδρυμα Ellen MacArthur, 2013)



Η βασική ιεράρχηση των στρατηγικών της κυκλικής οικονομίας αποτυπώνεται ως εξής:

Εικόνα 3. Ιεράρχηση των στρατηγικών Κυκλικής Οικονομίας



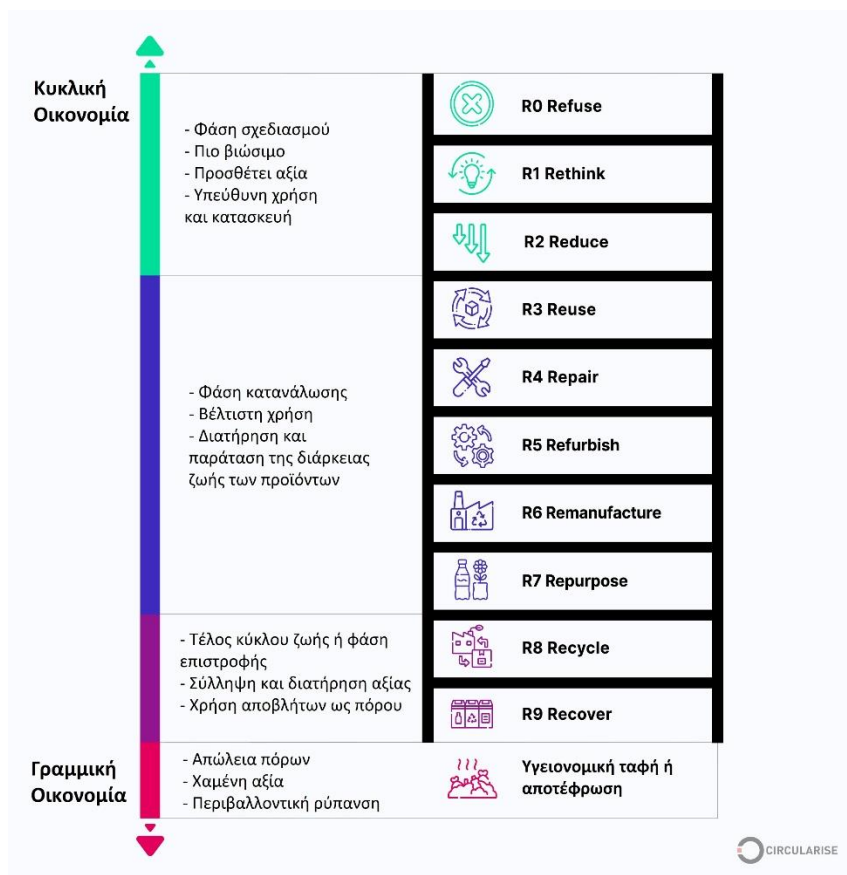
Η ανακύκλωση (Recycle) αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες στρατηγικές της κυκλικής οικονομίας. Μέσω της ανακύκλωσης, τα υλικά που περιέχονται στα απόβλητα επανεισάγονται στην παραγωγική διαδικασία ως δευτερογενείς πρώτες ύλες. Παρόλο που η ανακύκλωση αποτελεί βασικό εργαλείο διαχείρισης αποβλήτων, η σύγχρονη

βιβλιογραφία επισημαίνει ότι δεν θα πρέπει να θεωρείται η μοναδική στρατηγική της κυκλικής οικονομίας, καθώς προηγούνται δράσεις που αποτρέπουν εξαρχής τη δημιουργία αποβλήτων.

Τέλος, σε περιπτώσεις όπου η επαναχρησιμοποίηση ή η ανακύκλωση δεν είναι τεχνικά ή οικονομικά εφικτές, εφαρμόζεται η στρατηγική της ανάκτησης (Recover). Η ανάκτηση περιλαμβάνει κυρίως την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων μέσω τεχνολογιών Waste-to-Energy (WtE).

Τα τελευταία χρόνια, η βιβλιογραφία αναφέρεται επίσης στις στρατηγικές «R» οι οποίες επεκτείνουν το παραδοσιακό μοντέλο των 3R (Reduce–Reuse–Recycle) σε πιο ολοκληρωμένα συστήματα όπως τα 6R, 9R ή 10R. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν επιπλέον δράσεις όπως Refuse -άρνηση περιττής κατανάλωσης, Refurbish -ανακαίνιση προϊόντων, Repurpose -επαναπροσδιορισμός χρήσης, Recover -ανάκτηση ενέργειας και Regenerate αναγέννηση η φυσικών συστημάτων (circularise.com)

Εικόνα 4. Στρατηγική ΚΟ - Τα 10 R (πηγή: circularise.com)



Η προσέγγιση αυτή αντανακλά τη σύγχρονη αντίληψη ότι η κυκλική οικονομία δεν περιορίζεται μόνο στη διαχείριση αποβλήτων, αλλά επεκτείνεται στον συνολικό επανασχεδιασμό των παραγωγικών και καταναλωτικών προτύπων.

Συνοψίζοντας την ενότητα, οι στρατηγικές της κυκλικής οικονομίας αποτελούν θεμελιώδες εργαλείο για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, τη μείωση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Μέσω της πρόληψης παραγωγής αποβλήτων, της επαναχρησιμοποίησης προϊόντων, της ανακύκλωσης υλικών και της ανάκτησης ενέργειας, επιτυγχάνεται η αποδοτικότερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και η μετάβαση σε ένα περισσότερο ανθεκτικό και βιώσιμο οικονομικό σύστημα.

2.3 Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για την Κυκλική Οικονομία

Η Κυκλική Οικονομία αποτελεί μία από τις βασικές στρατηγικές προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, την αποδοτική χρήση των φυσικών πόρων και τη μετάβαση προς μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία. Σε αντίθεση με το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης, το οποίο βασίζεται στο πρότυπο «παράγω–καταναλώνω–απορρίπτω», η κυκλική οικονομία επιδιώκει τη διατήρηση των προϊόντων, των υλικών και των πόρων στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ελαχιστοποιώντας έτσι την παραγωγή αποβλήτων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η θεσμική βάση της ευρωπαϊκής πολιτικής για την Κ.Ο σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή διαμορφώθηκε το 2015 με την υιοθέτηση του πρώτου Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Action Plan, CEAP) από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το σχέδιο αυτό περιλάμβανε 54 δράσεις που κάλυπταν ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων, από τον σχεδιασμό και την παραγωγή έως την κατανάλωση, τη διαχείριση αποβλήτων και τη δημιουργία αγορών για δευτερογενείς πρώτες ύλες. Στόχος του ήταν η ενίσχυση της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης και της αποδοτικότερης αξιοποίησης των πόρων. Το 2020 υιοθετήθηκε το Νέο Σχέδιο Δράσεις για την Κυκλική Οικονομία (New Circular Economy Action Plan), το οποίο εντάχθηκε στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (European Green Deal). Το νέο σχέδιο αποτελεί βασικό εργαλείο για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050 και δίνει ιδιαίτερη έμφαση στον βιώσιμο σχεδιασμό προϊόντων, στη μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών, στην ενίσχυση της επαναχρησιμοποίησης και επισκευής προϊόντων, καθώς και στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων. Ακόμα, προβλέπει δράσεις για τομείς με υψηλή κατανάλωση πόρων, όπως τα ηλεκτρονικά προϊόντα, οι μπαταρίες, οι συσκευασίες, τα πλαστικά, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και οι κατασκευές.

Το σημαντικότερο νομοθετικό εργαλείο της ΕΕ αποτελεί η αναθεωρημένη Οδηγία-Πλαίσιο για τα Απόβλητα (Waste Framework Directive – Directive (EU) 2018/851), η οποία τέθηκε σε ισχύ το 2018. Η οδηγία αυτή καθορίζει τις βασικές αρχές της διαχείρισης αποβλήτων και εισάγει την ιεράρχηση αποβλήτων (waste hierarchy), σύμφωνα με την οποία προτεραιότητα δίνεται στην πρόληψη, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ανάκτηση ενέργειας, ενώ η ταφή αποτελεί την τελευταία επιλογή. Επιπλέον, θέτει δεσμευτικούς στόχους ανακύκλωσης και υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να εφαρμόζουν συστήματα χωριστής συλλογής για τα βασικά ρεύματα αποβλήτων, με στόχο την επίτευξη υψηλής ποιότητας ανακύκλωσης. Η επόμενη οδηγία, ιδιαίτερα σημαντική την Κ.Ο είναι και η Οδηγία για τα Πλαστικά Μίας Χρήσης (Single-Use Plastics Directive), η οποία τέθηκε σε εφαρμογή το 2019. Η συγκεκριμένη νομοθεσία στοχεύει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα πλαστικά προϊόντα μίας χρήσης, τα οποία αποτελούν σημαντικό ποσοστό των θαλάσσιων απορριμμάτων στην Ευρώπη. Η οδηγία προβλέπει περιορισμούς ή απαγορεύσεις στη διάθεση συγκεκριμένων πλαστικών προϊόντων, όπως καλαμάκια, μαχαιροπίρουνα και δοχεία, ενώ παράλληλα προωθεί τη χρήση βιώσιμων και επαναχρησιμοποιούμενων εναλλακτικών λύσεων.

Σημαντική εξέλιξη στη νομοθεσία της Κυκλικής Οικονομίας αποτελεί επίσης ο Κανονισμός για τον Οικολογικό Σχεδιασμό Βιώσιμων Προϊόντων (Ecodesign for Sustainable Products Regulation – ESPR), ο οποίος τέθηκε σε ισχύ το 2024. Ο κανονισμός αυτός επεκτείνει τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού σε ευρύ φάσμα προϊόντων και εισάγει κριτήρια σχετικά με τη διάρκεια ζωής, τη δυνατότητα επισκευής, την ανακυκλωσιμότητα και τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών. Παράλληλα, προβλέπει την ανάπτυξη ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων (Digital Product Passports), τα οποία θα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση, την επισκευασιμότητα και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα κάθε προϊόντος.

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία για την κυκλική οικονομία συνδέεται άμεσα και με τη διαχείριση των ΑΣΑ. Στο πλαίσιο του νέου Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει ως στόχο τη σημαντική μείωση των υπολειμματικών αστικών αποβλήτων έως το 2030, ενισχύοντας παράλληλα την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανάκτηση πόρων. Οι πολιτικές αυτές συμβάλλουν στη μείωση της υγειονομικής ταφής, στη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Πίνακας 10. Βασικές Ευρωπαϊκές Πολιτικές και Νομοθετικές Πράξεις για την Κυκλική Οικονομία (Χρονολογική Παρουσίαση)

Έτος	Πολιτική / Νομοθεσία	Κύριος Στόχος
2015	Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Action Plan – CEAP)	Μετάβαση από τη γραμμική στην κυκλική οικονομία
2018	Στρατηγική για τα Πλαστικά στην Κυκλική Οικονομία (European Strategy for Plastics in a Circular Economy)	Βιώσιμη χρήση και διαχείριση των πλαστικών
2018	Οδηγία-Πλαίσιο για τα Απόβλητα (Οδηγία (ΕΕ) 2018/851)	Βελτίωση της διαχείρισης αποβλήτων και ενίσχυση της κυκλικότητας των πόρων
2018	Ιεράρχηση Αποβλήτων (Waste Hierarchy)	Καθορισμός προτεραιοτήτων στη διαχείριση αποβλήτων
2019	Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal)	Μετάβαση της ΕΕ σε κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το 2050
2019	Οδηγία για τα Πλαστικά Μίας Χρήσης (Οδηγία (ΕΕ) 2019/904)	Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα πλαστικά μίας χρήσης
2020	Νέο Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (New Circular Economy Action Plan)	Υλοποίηση των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας
2020–2030	Στόχοι Κυκλικής Οικονομίας για τα ΑΣΑ	Μείωση υπολειμματικών αποβλήτων και αύξηση της αξιοποίησης πόρων
2024	Κανονισμός για τον Οικολογικό Σχεδιασμό Βιώσιμων Προϊόντων (Ecodesign for Sustainable Products Regulation – ESPR)	Βελτίωση της βιωσιμότητας και κυκλικότητας των προϊόντων
2024	Ψηφιακό Διαβατήριο Προϊόντων (Digital Product Passport – DPP)	Διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα προϊόντων σε όλο τον κύκλο ζωής τους

Επιπλέον, άλλες Οδηγίες και Κανονισμοί για βιώσιμα προϊόντα είναι οι εξής:

- Νέος Κανονισμός για τις μπαταρίες, (ΕΕ) 2023/1542, 12 Ιουλίου 2023.

Ο Κανονισμός σχετικά με τις μπαταρίες και τα απόβλητα μπαταριών, εκδόθηκε τον Ιούλιο του 2023 και τέθηκε σε ισχύ στις 17 Αυγούστου 2023, αντικαθιστώντας την παλαιότερη Οδηγία 2006/66/ΕΚ. Ο κανονισμός ρυθμίζει ολόκληρο τον κύκλο ζωής των μπαταριών, από την παραγωγή έως τη συλλογή και ανακύκλωση, με σκοπό την ενίσχυση της κυκλικής οικονομίας στην εσωτερική αγορά. Θεσπίζει δεσμευτικές απαιτήσεις βιωσιμότητας, ασφάλειας, επισήμανσης και ανιχνευσιμότητας μέσω ψηφιακού διαβατηρίου μπαταρίας, το οποίο θα ισχύει από το Φεβρουάριο του 2027, καθώς και στόχους συλλογής αποβλήτων μπαταριών, με σταδιακή εφαρμογή έως το 2031. Η επιλογή κανονισμού αντί οδηγίας αποσκοπεί στην ομοιόμορφη και άμεσα εφαρμοστέα ρύθμιση σε όλα τα κράτη-μέλη της ΕΕ (πηγή Ευρωπαϊκή Επιτροπή, EUR-Lex).

- Οδηγία για την ενδυνάμωση των καταναλωτών για την πράσινη μετάβαση, Μάρτιος 2024 (Οδηγία (ΕΕ) 2024/825).

Η Οδηγία δημοσιεύθηκε στις 6 Μαρτίου 2024 και ο κύριος στόχος της είναι η καταπολέμηση του πράσινου ξεπλύματος «greenwashing», μια πρακτική μάρκετινγκ, σύμφωνα με την οποία μια εταιρεία παρουσιάζει τα προϊόντα της φιλικά προς το περιβάλλον, οικολογικά ή με άλλες ετικέτες βιωσιμότητας που δεν βασίζονται σε επίσημο σύστημα πιστοποίησης. Η συγκεκριμένη Οδηγία απαιτεί οι περιβαλλοντικοί ισχυρισμοί να είναι τεκμηριωμένοι, επαληθεύσιμοι και συγκρίσιμοι, ώστε ο καταναλωτής να λαμβάνει πραγματικά ενημερωμένες αποφάσεις αγοράς.

- Οδηγία για την επισκευή αγαθών, Ιούλιος 2024 (Οδηγία (ΕΕ) 2024/1799).

Η Οδηγία δημοσιεύθηκε στις 10 Ιουλίου 2024 και τέθηκε σε ισχύ στις 30 Ιουλίου 2024. Θεσπίζει κοινούς κανόνες που υποχρεώνουν τους κατασκευαστές να προσφέρουν επισκευή προϊόντων τόσο εντός όσο και εκτός της περιόδου νόμιμης εγγύησης, τροποποιώντας παράλληλα την Οδηγία (ΕΕ) 2019/771 περί πώλησεως αγαθών προβλέποντας επέκταση της εγγύησης κατά ένα έτος όταν επιλέγεται επισκευή. Η παραπάνω οδηγία εντάσσεται στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και του Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, στοχεύοντας στην παράταση του κύκλου ζωής των προϊόντων και τη μείωση των αποβλήτων από πρόωρη απόρριψη. Η οδηγία από τις 31 Ιουλίου του 2026 εφαρμόζεται σε όλα τα κράτη της ΕΕ.

- Νέος κανονισμός για τις μεταφορές αποβλήτων, (ΕΕ) 2024/1157, 11 Απριλίου 2024.

Ο Κανονισμός δημοσιεύθηκε τον Απρίλιο του 2024 και τέθηκε σε ισχύ έναν μήνα μετά. Εκσυγχρονίζει το πλαίσιο ελέγχου των διασυνοριακών μεταφορών αποβλήτων εντός και

εκτός ΕΕ. Εισάγει μεταξύ άλλων απαγόρευση εξαγωγής αστικών αποβλήτων προς διάθεση, αυστηρότερους περιορισμούς στις εξαγωγές επικίνδυνων και πλαστικών αποβλήτων εκτός ΕΕ και προωθεί την αυτάρκεια και ασφαλή διαχείρισή τους εντός της Ένωσης. Οι κανόνες εξαγωγής εφαρμόζονται από τον Μάιο του 2026 σταδιακά έως το 2027.

- Η αναθεώρηση της οδηγίας για τις βιομηχανικές εκπομπές, Αύγουστος 2024 (Οδηγία (ΕΕ) 2024/1758)

Η οδηγία δημοσιεύθηκε τον Ιούλιο του 2024 και τέθηκε σε ισχύ τον Αύγουστο του 2024, τροποποιώντας την Οδηγία (ΕΕ) 2010/75 για τις βιομηχανικές εκπομπές καθώς και την Οδηγία 1999/31/ΕΚ για την υγειονομική ταφή αποβλήτων. Επεκτείνει και αυστηροποιεί τους κανόνες για τις βιομηχανικές εκπομπές και τη σχετική υγειονομική ταφή, καλύπτοντας περισσότερες εγκαταστάσεις και μονάδες κτηνοτροφίας, με στόχο τη μείωση της ρύπανσης, της παραγωγής αποβλήτων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Η προθεσμία μεταφοράς της οδηγίας στο εθνικό δίκαιο των κρατών-μελών ήταν η 1η Ιουλίου 2026.

- Νέος κανονισμός για τα απόβλητα συσκευασίας, (ΕΕ)/2025/40, 22 Ιανουαρίου 2025.

Ο Κανονισμός δημοσιεύθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2025 και τέθηκε σε ισχύ 11 Φεβρουαρίου 2025. Θέτει ενιαίους κανόνες σχεδιασμού καθώς και δεσμευτικούς στόχους μείωσης, ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης για κάθε είδος συσκευασίας που διατίθεται στην αγορά της ΕΕ. Προβλέπει δεσμευτικούς στόχους μείωσης των αποβλήτων συσκευασίας σε σχέση με το 2018, 5% έως το 2030, 10% έως το 2035, 15% έως το 2040 και να είναι όλες οι συσκευασίες να είναι ανακυκλώσιμες έως το 2030. Η γενική εφαρμογή του ξεκινά στις 12 Αυγούστου 2026, με ορισμένες υποχρεώσεις να κλιμακώνονται έως το 2038-2040.

Το ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο για την κυκλική οικονομία διαμορφώνει ένα ολοκληρωμένο σύστημα πολιτικών και κανονισμών που στοχεύουν στη μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό παραγωγικό μοντέλο. Μέσω της προώθησης της πρόληψης αποβλήτων, της ανακύκλωσης, της ανάκτησης υλικών και ενέργειας, καθώς και του βιώσιμου σχεδιασμού προϊόντων, η Ευρωπαϊκή Ένωση επιδιώκει να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της οικονομίας της, να περιορίσει την εξάρτηση από πρωτογενείς πόρους και να συμβάλει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

2.3.1 Ευρωπαϊκή Νομοθετική Πράξη για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Act)

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προετοιμάζει έναν νέο νομοθετικό κανονισμό για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Act -CEA), ο οποίος θα αποτελέσει έναν από τους βασικούς πυλώνες του οδηγού της ΕΕ για την ενίσχυση της οικονομίας και την πράσινη μετάβαση για την περίοδο 2024-2029.

Πολιτικά, ο σχεδιασμός του νόμου αντανάκλα μια στρατηγική μετατόπιση: η ΚΟ δεν αντιμετωπίζεται πλέον αποκλειστικά ως περιβαλλοντική πολιτική, αλλά τοποθετείται ως εργαλείο ανταγωνιστικότητας για τη βιομηχανία της ΕΕ. Βασικός στόχος του CEA είναι η δημιουργία μιας ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς για δευτερογενείς πρώτες ύλες, με σκοπό την αύξηση της προσφοράς ανακυκλωμένων υλικών υψηλής ποιότητας, την ενίσχυση της ζήτησης για αυτά εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και τη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενες πρωτογενείς πρώτες ύλες. Ακόμα, στόχος του είναι ο διπλασιασμός του ποσοστού κυκλικής χρήσης υλικών της ΕΕ, στο περίπου 24% έως το 2030. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2026)

Σήμερα μπορεί να υπάρχει ένα υλικό το οποίο είναι τεχνικά κατάλληλο για ανακύκλωση, αλλά να αντιμετωπίζεται διαφορετικά από χώρα σε χώρα. Αυτό αυξάνει το κόστος και δυσκολεύει μια επιχείρηση να πουλήσει το ανακυκλωμένο υλικό σε άλλη χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εντοπίσει ως βασικά προβλήματα την ανεπαρκή ζήτηση για ανακυκλωμένα υλικά, εμπόδια στη διασυνοριακή διακίνηση υλικών, υψηλότερο κόστος για τη χρήση δευτερογενών αντί πρωτογενών πρώτων υλών, καθώς και διαφορετικά κριτήρια End-of-Waste.

Η Επιτροπή αναφέρει ότι η CEA θα πρέπει να αντιμετωπίσει αυτά τα εμπόδια, να αυξήσει την προσφορά ποιοτικών ευρωπαϊκών ανακυκλωμένων υλικών και να ενισχύσει τη ζήτηση. Με βάση τις μέχρι σήμερα επίσημες δημοσιεύσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής υπάρχουν τέσσερις βασικές κατευθύνσεις:

- Εναρμόνιση των κανόνων για τις δευτερογενείς πρώτες ύλες

Σήμερα ένα ανακυκλωμένο υλικό μπορεί να πληροί τις τεχνικές προδιαγραφές σε μία χώρα, αλλά να εξακολουθεί να χαρακτηρίζεται «απόβλητο» ή να υπόκειται σε διαφορετικούς κανόνες σε άλλη. Ο νέος νόμος για την ΚΟ αναμένεται να μειώσει αυτή την κανονιστική διαφοροποίηση και να διευκολύνει την κυκλοφορία των υλικών στην ΕΕ.

- Εναρμονισμένα End-of-Waste κριτήρια

Είναι ένας άξονας με ιδιαίτερη σημασία για επιχειρήσεις ανακύκλωσης, διότι η έλλειψη σαφών κανόνων για υλικά που προέρχονται από απόβλητα αποτελεί εμπόδιο στην αγορά δευτερογενών πρώτων υλών. Σύμφωνα με τον νέο νόμο η κατεύθυνση θα πρέπει να είναι

απόβλητο → επεξεργασία/ανακύκλωση → End-of-Waste → προϊόν/δευτερογενής πρώτη ύλη → αγορά

➤ Ευκολότερη διασυνοριακή διακίνηση

Η CEA συνδέεται και με την απλοποίηση των διασυνοριακών ροών. Ήδη από 21 Μαΐου 2026 εφαρμόζεται υποχρεωτικά το ψηφιακό σύστημα DIWASS για τις μεταφορές αποβλήτων εντός ΕΕ. Στόχος είναι η ψηφιοποίηση, η ιχνηλασιμότητα και η απλούστευση των διαδικασιών. Αυτό είναι ένα σημαντικό βήμα γιατί δημιουργεί την υποδομή ώστε οι ροές ανακυκλώσιμων υλικών να μπορούν να παρακολουθούνται και να διακινούνται πιο αποτελεσματικά.

➤ Ενίσχυση της ζήτησης

Ο νέος νόμος δεν αφορά μόνο την προσφορά, διότι αν αυξήσεις την ανακύκλωση, αλλά κανείς δεν αγοράζει το ανακυκλωμένο υλικό, η αγορά δεν λειτουργεί. Γι' αυτό η Επιτροπή εξετάζει πολιτικές που θα αυξήσουν τη χρήση δευτερογενών υλικών στη βιομηχανία, όπως υποχρεωτικό ανακυκλωμένο περιεχόμενο, πράσινες δημόσιες συμβάσεις, κριτήρια βιωσιμότητας, οικολογικός σχεδιασμός κ.α.

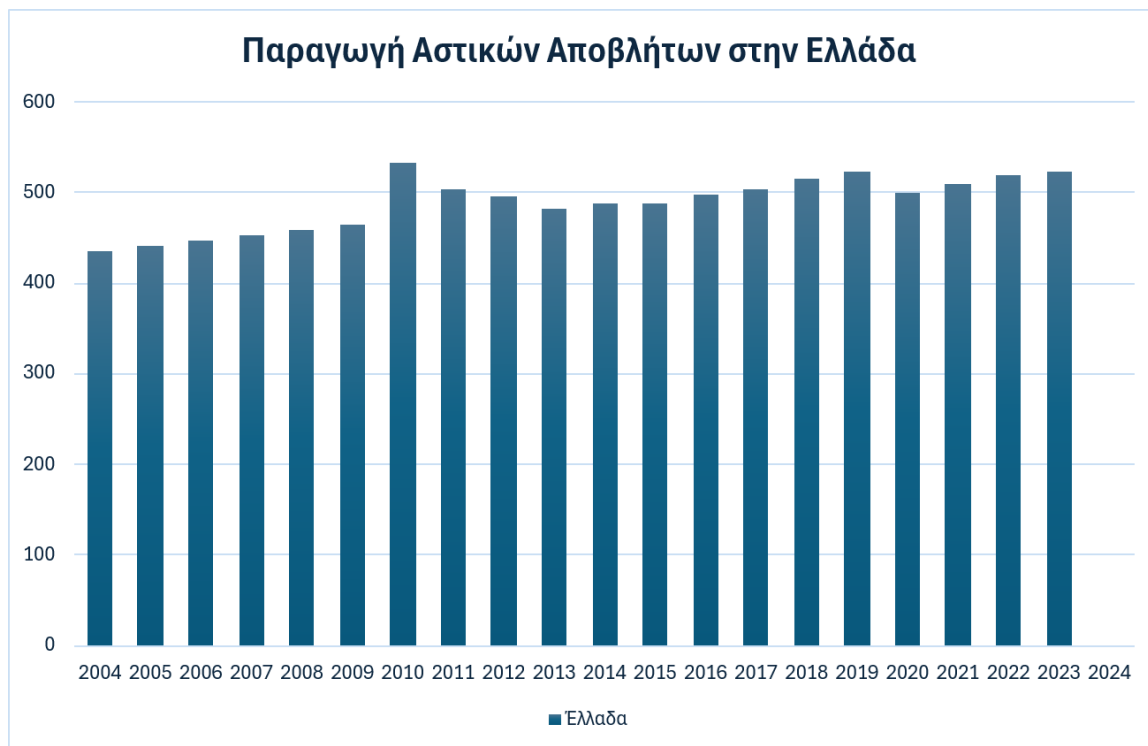
Άρα, ο νέος νόμος για την Κυκλική Οικονομία δεν προσπαθεί απλώς να αυξήσει την ανακύκλωση. Προσπαθεί να κάνει το ανακυκλωμένο υλικό πραγματικό εμπορεύσιμο προϊόν μέσα στην ενιαία αγορά της ΕΕ.

2.4 Κυκλική Οικονομία στην Ελλάδα

Το ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας για τη βιώσιμη διαχείριση των ΑΣΑ στην εποχή της Κ.Ο αποτυπώνεται, μεταξύ άλλων, στη σειρά Διεθνών Συνεδρίων για τη Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, η οποία διοργανώνεται στην Ελλάδα και την Κύπρο από το 2012. Το 10ο συνέδριο της σειράς στα Χανιά, 2023 περιελάμβανε περίπου 500 προφορικές παρουσιάσεις και συγκέντρωσε περίπου 950 συμμετέχοντες, ενώ επιλεγμένες εργασίες του, δημοσιεύθηκαν στο 6ο κατά σειρά ειδικό τεύχος του περιοδικού Environmental Science and Pollution Research που προέρχεται από τη συγκεκριμένη σειρά συνεδρίων (Moustakas & Loizidou, 2025).

Σύμφωνα με το ΕΣΔΑ 2020-2030 για τη μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο οικονομίας απαιτείται μία ολοκληρωμένη και συντεταγμένη μεταστροφή με αποτέλεσμα μια αειφόρο και ανταγωνιστική κυκλική οικονομία.

Επίσης, σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat, δημοσιευμένα το έτος 2024, η ετήσια παραγωγή κατά κεφαλήν αποβλήτων σε κιλά, συγκριτικά για τα έτη 2004 έως 2024, αποτυπώνονται στα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 4. Παραγωγή ΑΣΑ κατά κεφαλήν στην Ελλάδα 2004-2023

Στο νέο αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020-2030 η Ελλάδα έχει θέσει νέους συγκεκριμένους στόχους που συνδέονται άμεσα με την κυκλική οικονομία, ακολουθώντας τις ευρωπαϊκές Οδηγίες για τα απόβλητα και την ανακύκλωση.

Πίνακας 11. Κύριοι ποσοτικοί στόχοι έως το 2030

Τομέας	Στόχος
Ανακύκλωση αστικών αποβλήτων	60% έως το 2030
Υγειονομική ταφή αποβλήτων	Μείωση στο 10% των παραγόμενων αστικών αποβλήτων έως το 2030
Ανακύκλωση αποβλήτων συσκευασιών	70% έως το 2030
Χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων	Πανελλαδική εφαρμογή μέσω του «καφέ κάδου»
Διαλογή στην πηγή	Ανάπτυξη ξεχωριστών ρευμάτων για χαρτί, γυαλί, πλαστικό και μέταλλα
Επαναχρησιμοποίηση υλικών	Αύξηση της προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και υλικών

Το ΕΣΔΑ δεν περιορίζεται μόνο στην ανακύκλωση, αλλά βασίζεται στις αρχές της κυκλικής οικονομίας και επιδιώκει:

- Πρόληψη παραγωγής αποβλήτων πριν αυτά δημιουργηθούν.
- Ενίσχυση της επαναχρησιμοποίησης προϊόντων, εξοπλισμού και υλικών
- Ανάπτυξη αγορών δευτερογενών πρώτων υλών, ώστε τα ανακυκλωμένα υλικά να εισέρχονται εκ νέου στην παραγωγή.
- Εφαρμογή της αρχής «Πληρώνω Όσο Πετάω» (PAYT), ώστε οι πολίτες και οι επιχειρήσεις να έχουν κίνητρο για μείωση απορριμμάτων
- Δημιουργία και αναβάθμιση Πράσινων Σημείων, Κέντρων Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) και υποδομών ανάκτησης υλικών,
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση πολιτών και επιχειρήσεων για βιώσιμη κατανάλωση και διαχείριση πόρων.

2.5. Έργο LIFE-IP CEI-Greece

Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα θεσμικής προσπάθειας για τη μετάβαση της Ελλάδας προς ένα μοντέλο Κυκλικής Οικονομίας αποτελεί το ολοκληρωμένο έργο LIFE-IP CEI-Greece, το οποίο έχει ως στόχο να υποστηρίξει την υλοποίηση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων, του Εθνικού Προγράμματος Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων και της Εθνικής Στρατηγικής για την Κυκλική Οικονομία. Μέσα από το έργο επιδιώκεται η καλλιέργεια μιας νέας αντίληψης στη διαχείριση αποβλήτων, βασισμένης στις αρχές της κυκλικής οικονομίας, με έμφαση στην αλλαγή συμπεριφοράς, στην επιμήκυνση του κύκλου ζωής των προϊόντων και στην αποτελεσματική εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας (πηγή: circulargreece.gr)

Το έργο συγχρηματοδοτείται κατά 60% από το πρόγραμμα LIFE της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με συνολικό προϋπολογισμό που ξεπερνά τα 15,9 εκατομμύρια ευρώ, ενώ η υλοποίησή του εκτείνεται σε μια οκταετία (2019–2027), οργανωμένη σε τέσσερις διετείς φάσεις. Η μακρά αυτή χρονική διάρκεια αντανάκλα τον δομικό, και όχι αποσπασματικό, χαρακτήρα της παρέμβασης, στοιχείο που το διαφοροποιεί από βραχυπρόθεσμα προγράμματα ευαισθητοποίησης.

Ως προς τους επιχειρησιακούς στόχους, το έργο προβλέπει την ανάπτυξη πιλοτικών δράσεων σε εννέα δήμους και μία περιφέρεια, με στοχευμένες παρεμβάσεις όπως η ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων σε νησιωτικούς και ορεινούς δήμους, η προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και χωριστή συλλογή σε αστικά κέντρα, η διαχείριση επικίνδυνων οικιακών αποβλήτων, καθώς και η εφαρμογή οικονομικών εργαλείων. Παράλληλα, δίνεται έμφαση στην πρόληψη αποβλήτων τροφίμων, στη δημιουργία γνωσιακής βάσης παρακολούθησης της κυκλικής οικονομίας και στην ενεργοποίηση συμπληρωματικών χρηματοδοτικών πόρων (πηγή: ΥΠΕΝ, Circular greece).

Το έργο υιοθετεί τον ορισμό της κυκλικής οικονομίας όπως αυτός κατοχυρώνεται στον Κανονισμό (ΕΕ) 2020/852. Την προσδιορίζει δηλαδή ως οικονομικό σύστημα στο οποίο η αξία προϊόντων, υλικών και πόρων διατηρείται στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο διάστημα, μέσω της ενίσχυσης της αποδοτικής χρήσης τους, της μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και της ελαχιστοποίησης τόσο των αποβλήτων όσο και της απελευθέρωσης επικίνδυνων ουσιών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με μελέτη των Cambridge Econometrics, Trinomics και ICF (2018) η πλήρης εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας εκτιμάται ότι μπορεί να αυξήσει το ΑΕΠ της ΕΕ κατά 0,5% έως το 2030, δημιουργώντας περίπου 700.000 νέες θέσεις εργασίας.

2.5.1 Μελέτη Περίπτωσης στα πλαίσια του έργου LIFE IP CEI Greece

Στο πλαίσιο του έργου LIFE IP CEI Greece χρηματοδοτήθηκε εν μέρει η πρώτη πανελλαδική, αντιπροσωπευτική ποσοτικοποίηση της οικιακής σπατάλης τροφίμων στην Ελλάδα (Sigala et al., 2024). Η μελέτη αυτή, η οποία διενεργήθηκε από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο σε συνεργασία με ερευνητική εταιρεία αγοράς, αποτέλεσε την επίσημη εθνική βάση δεδομένων που η Ελλάδα υπέβαλε στη Eurostat, σύμφωνα με τις υποχρεώσεις που απορρέουν από την Κατ' Εξουσιοδότηση Απόφαση (ΕΕ) 2019/1597 για την ενιαία μέτρηση και αναφορά επιπέδων σπατάλης τροφίμων στα κράτη-μέλη.

Η έρευνα βασίστηκε σε δείγμα 1.133 νοικοκυριών (3.231 ατόμων), γεωγραφικά αντιπροσωπευτικό βάσει της κατανομής πληθυσμού στις δεκατρείς περιφέρειες της χώρας, και εφάρμοσε τη μέθοδο των ηλεκτρονικών ημερολογίων καταγραφής (food waste diaries) για περίοδο έως επτά ημερών κατά τον Μάρτιο του 2021. Σύμφωνα με τα ευρήματα, ο μέσος ετήσιος ρυθμός οικιακής σπατάλης τροφίμων στην Ελλάδα ανήλθε σε 86,5 kg ανά κάτοικο, ποσότητα υψηλότερη τόσο από τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (70 kg ανά κάτοικο για το 2021), σύμφωνα με τη Eurostat, όσο και από προγενέστερη ελληνική μελέτη της περιόδου 2013–2014, η οποία είχε καταγράψει 76,1 kg ανά κάτοικο ετησίως (Boikou et al., 2019).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύνθεση της σπατάλης τροφίμων: το 47% αντιστοιχούσε σε άβρωτα μέρη φυτικής προέλευσης (φλούδες, κουκούτσια, κ.α), ενώ μόλις το 40% αφορούσε βρώσιμα τμήματα τροφίμων, με κυρίαρχα τα λαχανικά, τα φρούτα και τα προϊόντα αρτοποιίας. Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι η υψηλή αναλογία άβρωτων υπολειμμάτων ενδέχεται να αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μεσογειακής διατροφής, η οποία περιλαμβάνει αυξημένη κατανάλωση εσπεριδοειδών και άλλων φρούτων και λαχανικών με σημαντικό άβρωτο κλάσμα, γεγονός που καθιστά προβληματική τη σύγκριση της Ελλάδας με άλλα κράτη-μέλη βάσει του συνολικού όγκου σπατάλης χωρίς αναφορά στη σύνθεσή της. (Sigala et al., 2024).

Τα αποτελέσματα μελέτης έδειξαν ότι η Ελλάδα εμφανίζεται στην 5^η θέση με υψηλή σπατάλη στην ΕΕ, αλλά όπως προαναφέρθηκε η εκτίμηση μπορεί να οφείλεται στην μεσογειακή διατροφή. Οι συγγραφείς προτείνουν οι στόχοι μείωσης της ΕΕ να εστιάσουν αποκλειστικά στο βρώσιμο κλάσμα τροφίμων, καθώς το άβρωτο αντανakλά κυρίως καταναλωτικά πρότυπα (π.χ. κατανάλωση εσπεριδοειδών) και όχι πραγματική σπατάλη.

2.5.2 Έργο LIFE-F4F (Food for Feed)

Χαρακτηριστικό ελληνικό παράδειγμα εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας στα απόβλητα τροφίμων αποτελεί το έργο LIFE-F4F (Food for Feed) με συντονιστή τον Ενιαίο Σύνδεσμο Διαχείρισης Απορριμμάτων Κρήτης (ΕΣΔΑΚ). Το έργο υλοποιήθηκε την περίοδο 2016-2021 με συνολικό προϋπολογισμό 2,43 εκατ. € (European Commission, χ.χ.). Η σημασία του γίνεται σαφέστερη αν ληφθεί υπόψη ότι το 2013 πάνω από το 95% των αποβλήτων τροφίμων στην Ελλάδα κατέληγε, άμεσα ή έμμεσα, σε χώρους ταφής (European Commission, χ.χ.).

Στόχος του έργου ήταν η επίδειξη, σε πιλοτική κλίμακα, μιας διεργασίας χαμηλών εκπομπών για την ασφαλή μετατροπή αποβλήτων τροφίμων, κυρίως από ξενοδοχεία, σε συστατικά ζωοτροφών. Η διεργασία περιλάμβανε:

- χωριστή συλλογή στην πηγή
- χειροδιαλογή
- άλεση
- ηλιακή ξήρανση και παστερίωση
- ανάμειξη με άλλες ζωοτροφές

Κατά τη διάρκεια του έργου επεξεργάστηκαν 550 τόνοι αποβλήτων τροφίμων και παρήχθησαν περισσότεροι από 150 τόνοι συστατικών ζωοτροφών. Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που αποφεύχθηκαν, εκτιμήθηκαν μεταξύ 837,4 και 1.383,8 τόνων CO₂ ισοδύναμου. Η πιλοτική μονάδα παρουσιάστηκε επίσης στο 7ο Διεθνές Συνέδριο για τη Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων (Loizidou et al., 2021).

Σε αντίθεση με το έργο LIFE-IP CEI-Greece, που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα και αποτελεί ολοκληρωμένο έργο εθνικής κλίμακας, το LIFE-F4F είναι στοχευμένο πιλοτικό έργο επίδειξης μίας συγκεκριμένης τεχνολογίας σε τοπικό επίπεδο. Τα δύο έργα λειτουργούν συμπληρωματικά ως προς τα απόβλητα τροφίμων. Το πρώτο δίνει έμφαση στην πρόληψη, ενώ το δεύτερο αφορά την αξιοποίηση των αποβλήτων που ήδη παράγονται, μέσω της μετατροπής τους σε συστατικά ζωοτροφών.

2.6 Διαχείριση των ΑΣΑ στα πλαίσια της Κ.Ο

Η παγκόσμια παραγωγή αποβλήτων έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό, προκαλώντας μεγάλες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές προκλήσεις. Η παραγωγή ΑΣΑ εκτιμάται ότι θα αυξηθεί σε σχεδόν 3,8 δισεκατομμύρια τόνους έως το 2050. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση του πληθυσμού, στην αυξημένη εκβιομηχάνιση και στα πρότυπα

κατανάλωσης που δεν συνάδουν με τους βιώσιμους στόχους. Αυτή η αύξηση υπογραμμίζει την αδυναμία των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων, ιδίως σε περιοχές χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος όπου ο όγκος συλλογής και επεξεργασίας παραμένει ανεπαρκής (Ijimdiya et al., 2026) και ταυτόχρονα παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις για το περιβάλλον και τη βιωσιμότητα. Η απειλή εξάντλησης των πόρων έχει επίσης δημιουργήσει την επείγουσα ανάγκη αντιμετώπισης του προβλήματος της διαχείρισης των ΑΣΑ τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Rashad et al., 2026).

Η διαχείριση ΑΣΑ αντιπροσωπεύει το τελικό στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή και μιας υπηρεσίας. Κάθε τύπος αποβλήτων, δηλαδή ανακυκλώσιμο, οργανικό ή υπόλειμμα μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία ή και να επαναχρησιμοποιηθεί ανάλογα με την οικονομία, τη γεωγραφία και τις πολιτικές της κάθε χώρας (Habib et al., 2026). Οι προσεγγίσεις διαχείρισης διαφέρουν στις αναπτυσσόμενες χώρες από τις αναπτυγμένες. Οι αναπτυσσόμενες χώρες χρησιμοποιούν συνήθως την υγειονομική ταφή, ενώ στις αναπτυγμένες χώρες η διαχείριση των ΑΣΑ χαρακτηρίζεται από δομημένα συστήματα που υποστηρίζονται από προηγμένες υποδομές, ρυθμιστικά πλαίσια και τεχνολογική καινοτομία (Habib et al., 2026). Οι τεχνολογίες ανάκτησης ενέργειας από απόβλητα διαδραματίζουν ουσιώδη ρόλο στα βιώσιμα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων, καθώς μπορούν να ικανοποιήσουν ταυτόχρονα οικονομικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις (Loizidou et al., 2021).

Για παράδειγμα, οι στρατηγικές Waste to Energy (WtE) έχουν αναδειχθεί ως μια διεξοδική μεθοδολογία για τη διαχείριση αποβλήτων, η οποία μπορεί ταυτόχρονα να μετριάσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να βελτιστοποιήσει την ανάκτηση ενέργειας. Οι προηγμένες θερμικές διεργασίες μπορούν να επιτύχουν ανάκτηση ηλεκτρικής ενέργειας 544–816 kWh ανά τόνο ΑΣΑ και να μειώσουν τη μάζα των αποβλήτων κατά 80–90% (Gajera et al., 2026).

Πέρα από το ζήτημα της διαχείρισης αποβλήτων, οι τεχνολογίες ενεργειακής μετάβασης λειτουργούν ως μια δεξαμενή δευτερογενών πόρων της οποίας η σωστή διαχείριση μπορεί να ανακτήσει σημαντικές ποσότητες κρίσιμων πρώτων υλών και να μειώσει την εξάρτηση από την πρωτογενή παροχή. Η ενέργεια από απόβλητα (WtE) είναι μια επιλογή ανάκτησης πόρων που βρίσκεται μεταξύ ανακύκλωσης και διάθεσης (υγειονομική ταφή) στην παραδοσιακή ιεραρχία αποβλήτων. Είναι η τελική επιλογή επεξεργασίας αποβλήτων πριν από την υγειονομική ταφή (Sanjaya & Abbas, 2023). Τα ΑΣΑ μπορούν να μετατραπούν σε πολύτιμους πόρους χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνολογίες ανάκτησης. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να ταξινομηθούν ευρέως ως:

- Θερμικές (αποτέφρωση, αεριοποίηση, πυρόλυση,)
- Υδροθερμική επεξεργασία (υδροθερμική υγροποίηση)
- Βιολογικές (κομποστοποίηση, παραγωγή βιοκαυσίμων αναερόβια χώνευση, παραγωγή βιοκαυσίμων)

Η επιλογή των τεχνολογιών επεξεργασίας ΑΣΑ επηρεάζεται γενικά από παράγοντες όπως η σύνθεση των αποβλήτων, η χρονική διακύμανση, οι πολιτικές το νομοθετικό πλαίσιο του κάθε κράτους και το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο (Gajera et al., 2026).

Παρακάτω περιγράφονται κάποιες από τις τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας από τα αστικά απόβλητα:

- Αποτέφρωση, η οποία αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνική θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ, κατά την οποία, τα απόβλητα καίγονται σε υψηλές θερμοκρασίες από 740-1200 °C, μειώνοντας σημαντικά τον όγκο τους κατά 80-90 % και επιτρέποντας την άμεση ανάκτηση ενέργειας σε ποσοστό 20-35 %, μέσω της παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που την καθιστά σημαντική τεχνολογία αξιοποίησης αποβλήτων (Rashad et al., 2026). Χρησιμοποιεί διάφορα σχέδια αποτεφρωτηρίων όπως περιστροφικοί κλίβανοι, επαγωγικοί κλίβανοι και αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης, τα οποία είναι προσαρμοσμένα για τη βελτιστοποίηση της καύσης καυσίμου και της εξαγωγής ενέργειας από διάφορα ρεύματα αποβλήτων. Οι καθαρές ενεργειακές αποδόσεις από την αποτέφρωση κυμαίνονται συνήθως από 36 έως 45 kg/τόνο ΑΣΑ με θερμογόνο δύναμη 14,5–22,4 MJ/kg, επιτυγχάνοντας απόδοση θερμικής μετατροπής 65–88 %. Η υπολειμματική τέφρα περιλαμβάνει 1–5 % ιτάμενη τέφρα και 25–30 % τέφρα πυθμένα, που απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω πιθανής τοξικότητας (Teng et al., 2024). Ακόμα, η διαδικασία της αποτέφρωσης μειώνει κατά 70% τα NO_x και παράγει CO₂ ροές με καθαρότητα άνω των 90% καθιστώντας την μια από τις πιο υποσχόμενες οδούς για την ενσωμάτωση τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα για την υποστήριξη των παγκόσμιων στόχων απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές. Εκτός από τα οφέλη των εκπομπών, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις, οι σύγχρονες εξελίξεις, όπως η καύση οξυγόνου, παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία καυσίμου των κλασμάτων ΑΣΑ, καθιστώντας την αποτέφρωση μια πιο βιώσιμη επιλογή στη διαχείριση αποβλήτων. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η τεχνολογία αποτέφρωσης αντιμετωπίζει προκλήσεις λόγω του υψηλού αρχικού κόστους επένδυσης, καθιστώντας τις εναλλακτικές λύσεις χαμηλού κόστους πιο ελκυστικές. Ωστόσο, οι στρατηγικές επενδύσεις στα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων και ανάκτησης ενέργειας μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργική απόδοση και να μειώσουν το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα της αποτέφρωσης των ΑΣΑ (Rashad et al., 2026).
- Πυρόλυση, αποτελεί μια θερμοχημική μέθοδο επεξεργασίας ΑΣΑ, κατά την οποία τα οργανικά υλικά αποσυντίθενται σε περιβάλλον απουσία οξυγόνου και σε υψηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 300 - 1200 °C. Η διαδικασία παράγει

τρία κύρια προϊόντα: βιοέλαιο, πυρόλυτικό αέριο και βιοκάρβουνο, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά ή ως πρώτες ύλες σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. Η πυρόλυση των ΑΣΑ ως μέθοδος παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η ανάκτηση ενέργειας, η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας. Ως μια εξαιρετικά ευέλικτη μέθοδος μπορεί να δεχτεί ποικίλες πρώτες ύλες ΑΣΑ με δυνατότητα επεξεργασίας και αποτελεσματική ανάκτηση ενέργειας και μετατροπής των υλικών αυτών. Σύμφωνα με τους Gajera et al. (2026) με την τεχνολογία της πυρόλυσης των ΑΣΑ μπορεί να παραχθούν 571 kWh/t ηλεκτρικής ενέργειας με ισχύ 5,5 MW, μειώνοντας τη μάζα των αποβλήτων κατά 84%. Σε σύγκριση με την αποτέφρωση, η πυρόλυση είναι γενικά πιο ευνοϊκή για το περιβάλλον, παράγοντας χαμηλότερα επίπεδα ρύπων και εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Παράλληλα, οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η καταλυτική και η πυρόλυση πλάσματος, βελτιώνουν την απόδοση και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Η πυρόλυση των ΑΣΑ μπορεί δυνητικά να φέρει επανάσταση στην αγοραία αξία των σχετικών προϊόντων και υποπροϊόντων (Rostocki et al., 2022). Τα στερεά υπολείμματα από την πυρόλυση των ΑΣΑ, κυρίως το βιοκάρβουνο, αποτελούνται από άλατα, μέταλλα και τέφρα, τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε χημικές ενώσεις, ενεργό άνθρακα και εμπορικά προσροφητικά. Έχει επίσης διερευνηθεί η σκοπιμότητα της συν-πυρόλυσης για μικτές πρώτες ύλες ΑΣΑ, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων πλαστικών, ελαστικών και ανόργανων μετάλλων (Rashad et al., 2026).

Η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάκτηση των ΑΣΑ σε πόρους σε χώρες υψηλού εισοδήματος, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης, της Ιαπωνίας και της Αυστραλίας, και σε περιορισμένο βαθμό σε ορισμένες χώρες ανώτερου-μεσαίου εισοδήματος, όπως η Ινδονησία, ενώ παραμένει σε πιλοτικά ή πρώιμα στάδια εφαρμογής σε χώρες χαμηλότερου-μεσαίου και χαμηλού εισοδήματος. Λόγω αυξημένου κόστους λειτουργίας και συντήρησης η πυρόλυση δεν έχει επιτύχει την ίδια εμπορική επιτυχία με την αεριοποίηση. Στην ΕΕ, έχουν εγκατασταθεί περίπου 50-100 μονάδες μεγάλης έως μικρής κλίμακας, με τη Γερμανία να έχει την υψηλότερη δυναμικότητα περίπου 1.150.000 τόνων αποβλήτων/έτος, ακολουθούμενη από τη Δανία και τις Κάτω Χώρες με 15.000 και 10.000 τόνους/έτος, αντίστοιχα. Μικρότερης κλίμακας μονάδες πυρόλυσης με δυναμικότητα 3000–6000 τόνων ετησίως λειτουργούν επίσης στη Σουηδία, την Ιταλία, τη Γαλλία και τη Φινλανδία. Από το 2000, η Ιαπωνία λειτουργεί 6 μονάδες πυρόλυσης με δυναμικότητα 50.000–108.000 τόνους/έτος, ενώ η Αυστραλία διαχειρίζεται περίπου 4000 τόνους/έτος. Η Ινδία διαθέτει εργοστάσια μικρής κλίμακας με δυναμικότητα 5–10 τόνους/ημέρα σε πολλές πολιτείες (Gajera et al., 2026).

Ως εκ τούτου, η πυρόλυση θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για τη βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας.

- Αεριοποίηση αποτελεί και αυτή μια προηγμένη θερμοχημική τεχνολογία επεξεργασίας ΑΣΑ, κατά την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται σε αέριο σύνθεσης (syngas) υπό συνθήκες περιορισμένης παροχής οξυγόνου και υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίες κυμαίνονται από 700–1100 °C. Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης περιέχει κυρίως μονοξείδιο του άνθρακα CO, υδρογόνο H₂, και μικρότερο ποσοστό CH₄, μαζί με ακαθαρσίες όπως πίσσα, σωματίδια, HCl, αλκαλικές ενώσεις και θειούχες ενώσεις, με θερμογόνου δύναμη 4–50 MJ/Nm³. Μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 685 kWh/t ΑΣΑ, θερμότητας, υδρογόνου ή συνθετικών καυσίμων (Gajera et al., 2026). Η αποτελεσματικότητα και η απόδοση της διεργασίας επηρεάζονται από διάφορες παραμέτρους λειτουργίας, όπως η παροχή οξυγόνου ή αέρα, η θερμοκρασία αντίδρασης, ο χρόνος παραμονής και τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης (Nandhini et al., 2022).

Σε σύγκριση με άλλες θερμικές μεθόδους, όπως η αποτέφρωση και η πυρόλυση, η αεριοποίηση προσφέρει υψηλότερη ενεργειακή απόδοση και καλύτερη αξιοποίηση των αποβλήτων, μειώνοντας το βάρος τους κατά 80-90%. Από την άλλη πλευρά, σημαντικοί περιορισμοί της μεθόδου, είναι η ανάγκη για καθαρισμό του αερίου σύνθεσης και η παραγωγή πίσσας, τέφρας, σωματιδίων και βαρέων μετάλλων, τα οποία μπορούν να συσσωματωθούν στον αεριοποιητή και να δημιουργήσουν περιβαλλοντικούς κινδύνους. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι σύγχρονες τεχνολογίες αεριοποίησης, όπως η αεριοποίηση πλάσματος, μπορούν να αντιμετωπίζουν τους περιορισμούς της συμβατικής αεριοποίησης παράγοντας σχετικά καθαρό αέριο σύνθεσης, ελαχιστοποιώντας την παραγωγή πίσσας και ανακτώντας ηλεκτρική ενέργεια περίπου 816 kWh/t αποβλήτων. Η διεργασία αυτή λαμβάνει χώρα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες μεταξύ 2000 και 14.000 °C. Οι Nandhini et al. (2022) βρήκαν ότι η αεριοποίηση πλάσματος είναι η καταλληλότερη μέθοδος για τεχνικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά κριτήρια που βασίζονται στη διαχείριση ΑΣΑ. Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα, η μέθοδος παραμένει περιορισμένη στην εργαστηριακή κλίμακα, πιθανώς λόγω των υψηλών επενδύσεων κεφαλαίου και της περιορισμένης κοινωνικής αποδοχής. Σε παγκόσμιο επίπεδο, υπάρχουν μόνο πέντε λειτουργικά εργοστάσια στην Ιαπωνία και την Κίνα ενώ η Βόρεια Αμερική και η Ευρώπη έχουν περιορισμένη χρήση της μεθόδου λόγω χαμηλής κοινωνικής ετοιμότητας και ανησυχιών για την ασφάλειά τους (Gajera et al., 2026).

- Η υδροθερμική υγροποίηση (HTL) είναι μια διεργασία που μετατρέπει τα ΑΣΑ σε υγρά και ανακτά το βιοέλαιο χρησιμοποιώντας νερό ως διαλύτη, υπό υψηλή πίεση

10-25 MPa και χαμηλότερη θερμοκρασία από τις θερμικές διεργασίες, 250–375 °C. Παράγει επίσης ένα μικρό κλάσμα αερίων και στερεών πλούσιων σε άνθρακα ως βιοκάρβουνο. Η απόδοση και η ποιότητα του βιοελαίου εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης και τις συνθήκες αντίδρασης, με τη μέγιστη απόδοση να επιτυγχάνεται κατά τον χρόνο παραμονής 50–90 λεπτά, τις θερμοκρασίες 330–350 °C και την πίεση 10–15 MPa. Η υδροθερμική υγροποίηση είναι κατάλληλη για την αποσύνθεση των πλούσιων σε υγρασία ΑΣΑ καθώς η ξήρανση δεν είναι απαραίτητη, μειώνοντας έτσι το κόστος προεπεξεργασίας και προσφέρει χαμηλότερο κόστος επένδυσης και λειτουργίας σε σύγκριση με τις θερμικές διεργασίες (Gajera et al., 2026).

- Κομποστοποίηση η οποία, αποτελεί μια βιολογική μέθοδο διαχείρισης των ΑΣΑ, κατά την οποία το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αποδομείται από μικροοργανισμούς υπό ελεγχόμενες συνθήκες, παράγοντας ένα σταθερό και θρεπτικό υλικό, το κομπόστ, για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό, λίπασμα ή κοπριά, ενώ παράλληλα ανακτά τη θερμότητα (Gajera et al., 2026). Η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί αερόβια ή αναερόβια, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα οξυγόνου και τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων. Η κομποστοποίηση βασίζεται σε παράγοντες όπως η περιεκτικότητα σε υγρασία σε ποσοστό 50-60%, το pH 5,5 – 8,0, το πορώδες του εδάφους σε ποσοστό 35 %, η αναλογία άνθρακα προς άζωτο των ΑΣΑ (C/N) 25–30, τα επίπεδα οξυγόνου 15 – 20 %, μέγεθος σωματιδίων περίπου 15 mm και θερμοκρασία (Rashad et al., 2026). Τα μεσόφιλα βακτήρια ξεκινούν την αποικοδόμηση των αποβλήτων στους 20–40 °C, αυξάνοντας τη θερμοκρασία. Πάνω από τους 40 °C, οι θερμοφιλοι μικροοργανισμοί επιταχύνουν την αποσύνθεση και οι θερμοκρασίες άνω των 55 °C σκοτώνουν τα παθογόνα, καθιστώντας το κομπόστ ασφαλέστερο, επομένως, το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας είναι 55–65 °C.

Η κομποστοποίηση συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων που οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής, περιορίζοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και προωθώντας την ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών. Η μέθοδος έχει και πολλά άλλα οφέλη, όπως χαμηλές επενδύσεις κεφαλαίου, κόστος συντήρησης και λειτουργίας, διαθεσιμότητα γης, μειωμένους κίνδυνους μόλυνσης και υψηλότερη κοινωνική αποδοχή. Το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να αξιοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία, την αποκατάσταση εδαφών και την ανθεκτικότητα του εδάφους στην κλιματική αλλαγή. Λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους εφαρμογής και των περιβαλλοντικών της οφελών, η κομποστοποίηση θεωρείται βασικό εργαλείο της κυκλικής οικονομίας και της βιώσιμης διαχείρισης οργανικών αποβλήτων. Παρά τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν ως μια βιώσιμη μέθοδος για τη διαχείριση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, η μέθοδος της κομποστοποίησης είναι χρονοβόρα, απαιτεί μεγαλύτερη έκταση, μειώνει τη

μάζα των αποβλήτων μόνο κατά περίπου 40% και εκπέμπει μια δυσάρεστη οσμή που μπορεί να επηρεάσει τις τοπικές συνθήκες διαβίωσης. Για τον μετριασμό των οσμών χρησιμοποιούνται τεχνολογίες όπως τα βιοφίλτρα και η προσρόφηση ενεργού άνθρακα με επιχειρησιακές πρακτικές που έχουν σχεδιαστεί για τη μείωση των εκπομπών και την τήρηση των περιβαλλοντικών προτύπων. Σύμφωνα με την παγκόσμια τράπεζα το 2020, παγκοσμίως, περίπου το 19% των ΑΣΑ κομποστοποιήθηκε, με την Αυστρία (31%), την Ολλανδία (27%), την Ελβετία (21%), το Λουξεμβούργο (20%) και την Ινδία (18%) να πρωτοστατούν στο ποσοστό κομποστοποίησης, ενώ οι ΗΠΑ, η Κίνα και η περιοχή της Υποσαχάριας Αφρικής κατέγραψαν σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά 8,5%, 3% και 1%, αντίστοιχα. Όσον αφορά την Ευρώπη περίπου το 53% του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ κομποστοποιήθηκε, με περίπου 40 Mt ετησίως. Από το 2023, η Ινδία διαθέτει 2285 μονάδες κομποστοποίησης που λειτουργούν με δυναμικότητα 71,682 τόνων/ημέρα και 73 ακόμη υπό ανάπτυξη με δυναμικότητα περίπου 1084 τόνων/ημέρα (Gajera et al., 2026).

- Παραγωγή Βιοκαυσίμων η οποία επιτυγχάνεται με τη μέθοδο αξιοποίησης του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. Τα ΑΣΑ, πλούσια σε οργανικές ενώσεις από απόβλητα τροφίμων και κήπων, έχουν σημαντικές δυνατότητες ανάκτησης βιοκαυσίμων μέσω βιολογικών διεργασιών. Η παραγωγή βιοαιθανόλης από οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: προεπεξεργασία για την αλλαγή της δομής της, ενζυματική υδρόλυση για τη διάσπαση των μακρομορίων, ζύμωση για τη μετατροπή των υδατανθράκων σε αλκοόλη και παραγωγή αιθανόλης (Barampouti et al., 2019). Το βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί από 10 έως 15% των λιπιδίων που υπάρχουν στα ΑΣΑ, τα οποία μπορούν να εξαχθούν χρησιμοποιώντας συμβατικές μεθόδους εκχύλισης Soxhlet ή υπερκρίσιμης εκχύλισης. Τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν το ντίζελ και τη βενζίνη, μειώνοντας την εξάρτηση από το πετρέλαιο και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 70-90% (Gajera et al., 2026). Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται ως καύσιμο στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ και πολλές άλλες χώρες. Ωστόσο, η διαδικασία απαιτεί υψηλό λειτουργικό κόστος και περιορίζεται σε ΑΣΑ πλούσια σε υδατάνθρακες και λιπίδια. Σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχουν τρεις μονάδες παραγωγής βιοαιθανόλης από ΑΣΑ, οι οποίες είτε λειτουργούν, είτε βρίσκονται υπό ανάπτυξη στην Ισπανία, τον Καναδά και τις ΗΠΑ.
- Αναερόβια χώνευση αποτελεί και αυτή μια βιολογική διεργασία επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ. Είναι ευρέως αναγνωρισμένη για το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, την υψηλότερη κοινωνική αποδοχή και τα περιβαλλοντικά οφέλη, με αρνητικό ή χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα στο περιβάλλον. Οι μικροοργανισμοί αποδομούν αποτελεσματικά την οργανική ύλη

των ΑΣΑ απουσία οξυγόνου. Η διαδικασία οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου, το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο CH_4 σε ποσοστό 65 -75 %, διοξείδιο του άνθρακα CO_2 σε ποσοστό 25- 35 % υδρόθειο H_2S 1- 2 %, και ίχνη αζώτου N_2 και υδρογόνου H_2 . Η υψηλή συγκέντρωση μεθανίου διευκολύνει την εξόρυξή του ως καθαρό μεθάνιο για ενεργειακή χρήση (Rashad et al., 2026). Η αναερόβια επεξεργασία είναι ένα παράδειγμα επεξεργασίας ΑΣΑ που απαιτεί χαμηλή χρήση ενέργειας. Κατά την επεξεργασία τους μέσω αναερόβιας χώνευσης, ο λόγος θερμότητας προς ισχύ ποικίλλει ανάλογα με την κλίμακα και την τεχνολογία, μετατρέποντας συνήθως το 35-40 % της ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια και το 40-45 % σε θερμότητα. Το υπόλοιπο χάνεται λόγω ανεπαρκειών σε διάφορα στάδια της διαδικασίας. Παράλληλα, παράγεται χωνεμένο υπόλειμμα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτό ως βιολίπασμα στη γεωργία (Rashad et al., 2026). Η αναερόβια χώνευση συμβάλλει στη μείωση μάζας των αποβλήτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής κατά 60% , περιορίζει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και προωθεί την ανάκτηση ενέργειας και πόρων. Η αναερόβια χώνευση θεωρείται μία από τις σημαντικότερες τεχνολογίες βιώσιμης διαχείρισης οργανικών αποβλήτων στην Ευρώπη, επεξεργάζοντάς τα σε ποσοστό 47 %. Ο Καναδάς και οι ΗΠΑ έχουν σχεδιάσει αρκετές μονάδες αναερόβιας χώνευσης με δυναμικότητα 25.000-130.000 τόνων/έτος, όπως και οι ασιατικές χώρες, για παράδειγμα το Βιετνάμ παράγει περίπου το 2,4-4,1% της ηλεκτρικής του ενέργειας από ΑΣΑ, ενώ οι οικιακές μονάδες αναερόβιας χώνευσης είναι ευρέως διαδεδομένες στην Ινδία και την Κίνα για την επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων (Gajera et al., 2026). Παρότι η αναερόβια χώνευση αποτελεί καθιερωμένη τεχνολογία που εφαρμόζεται διεθνώς, υπάρχουν πάντα περιθώρια βελτιστοποίησης, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης, τον τύπο του αντιδραστήρα και τις συνθήκες λειτουργίας (Loizidou et al., 2021). Ενδεικτικά, η εφαρμογή θερμοφίλης μεταυδρόλυσης σε αντιδραστήρα που επεξεργάζονται αγροτικά απόβλητα, με επανακυκλοφορία του επεξεργασμένου υδρολύματος στον αντιδραστήρα, αύξησε τη συγκέντρωση διαλυτού οργανικού φορτίου ως COD κατά 25% και των πτητικών λιπαρών οξέων κατά 65%, με αποτέλεσμα αύξηση της παραγωγής βιοαερίου κατά 30% (Bolzonella et al. 2020, όπως αναφέρεται στους Loizidou et al. 2021). Η αναερόβια χώνευση αντιπροσωπεύει έτσι μια ευέλικτη και βιώσιμη προσέγγιση στη διαχείριση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, επιτρέποντας την ανάκτηση ενέργειας, ακόμα και σε αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες αδυνατούν να αναπτύξουν πιο εξελεγμένες τεχνολογίες διαχείρισης των ΑΣΑ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΚΑΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Το κυρίαρχο μοντέλο της οικονομίας, το οποίο χαρακτηρίζεται από πρακτικές «παίρνω-φτιάχνω -απορρίπτω» οδηγεί στην εξάντληση των πόρων και παράγει μεγάλους όγκους αποβλήτων (Islam, 2026). Με βάση αυτό το μοντέλο το κάθε προϊόν καταναλώνεται και αναπόφευκτα φτάνει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Για τον λόγο αυτό το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας έχει αναδειχθεί ως ένα συστημικό πλαίσιο που έχει σχεδιαστεί για να αποσυνδέει την οικονομική ανάπτυξη από την κατανάλωση πόρων, ελαχιστοποιώντας την παραγωγή αποβλήτων και διατηρώντας τα υλικά στα οικονομικά συστήματα για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Islam, 2026). Βασίζεται ουσιαστικά στην ιδέα του μετασχηματισμού των προϊόντων, των συστημάτων παραγωγής και των αλυσίδων εφοδιασμού προκειμένου να δημιουργηθούν λειτουργικές σχέσεις μεταξύ των οικολογικών συστημάτων και της οικονομικής ανάπτυξης, διευρύνοντας επίσης τα όρια της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η εστίαση είναι στη δημιουργία αυτοσυντηρούμενων συστημάτων παραγωγής στα οποία τα υλικά χρησιμοποιούνται ξανά (Yilmaz Balaman, 2018).

Αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει καλές πρακτικές και καινοτόμες διαδικασίες που εφαρμόστηκαν οι αρχές της κυκλικής οικονομίας, με έμφαση στην μείωση ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ και στην ανάκτηση ενέργειας από την σωστή διαχείριση τους.

3.2 Μελέτη Περίπτωσης

3.2.1 Πάρμα, Ιταλία

Η περίπτωση της πόλης της Πάρμα, στην περιφέρεια Εμίλια-Ρομάνια της Βόρειας Ιταλίας, συνιστά ένα ενδιαφέρον παράδειγμα μετάβασης από ένα παραδοσιακό, γραμμικό μοντέλο διαχείρισης αστικών αποβλήτων σε μια στρατηγική προσανατολισμένη στις αρχές της κυκλικής οικονομίας, με αξιοσημείωτα αποτελέσματα σε διάστημα μόλις πέντε ετών (2012-2016). Η περίπτωση αυτή συμβάλλει στη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι θεωρητικές αρχές της κυκλικής οικονομίας μπορούν να μεταφραστούν σε συγκεκριμένη δημόσια πολιτική σε τοπικό-δημοτικό επίπεδο. Η μετάβαση προς ένα κυκλικό μοντέλο

διαχείρισης αποβλήτων δεν προέκυψε ως μια τεχνοκρατική απόφαση, αλλά γεννήθηκε μέσα από κοινωνική κινητοποίηση.

Η πόλη της Πάρμα αριθμεί περίπου 190.000 κατοίκους. Παρά το υψηλό επίπεδο διαβίωσης και την ισχυρή οικονομική της ανάπτυξη, στις αρχές της δεκαετίας του 2010 αντιμετώπιζε σοβαρές προκλήσεις στη διαχείριση των αποβλήτων, με ετήσια παραγωγή που ξεπερνούσε τα 310 kg/ανά κάτοικο ενώ τα ποσοστά χωριστής συλλογής παρέμεναν στάσιμα γύρω στο 45–50%. Η κατάσταση αυτή οδήγησε τις αρμόδιες αρχές στην απόφαση κατασκευής μονάδας αποτέφρωσης. Η αντίδραση τοπικών ομάδων πολιτών ανάγκασε τις δημοτικές αρχές σε δέσμευση στόχου πόλης μηδενικών αποβλήτων. Βασικός πυλώνας της στρατηγικής υπήρξε η ριζική αναδιάρθρωση του συστήματος συλλογής αποβλήτων, με τη μετάβαση από τη συλλογή κάδων δρόμου στη συλλογή πόρτα-πόρτα τεσσάρων διακριτών ρευμάτων (βιολογικά απόβλητα, χαρτί/χαρτόνι, ελαφριές συσκευασίες, υπολειμματικά σύμμεικτα απόβλητα). Το σύστημα διαφοροποιήθηκε ανάλογα με την πυκνότητα κατοίκησης, ιστορικό κέντρο έναντι περιφερειακών περιοχών, ενώ συμπληρώθηκε από δίκτυο «οικολογικών σταθμών» και του κινητού «οικο-βαγονιού» (Eco Wagon) στοιχεία που προσέφεραν ευελιξία στο σύστημα χωρίς να αλλοιώνουν τον πυρήνα της πόρτα-πόρτα συλλογής.

Εικόνα 5. Οικολογικός σταθμός στη Πάρμα (πηγή: ZWE C7, 2018)



Παράλληλα με τη συλλογή πόρτα-πόρτα ιδιαίτερη βαρύτητα αποδίδει η εισαγωγή συστήματος χρέωσης βάσει παραγόμενου όγκου αποβλήτων «Πληρώνω Όσο Πετάω» (Pay-As-You-Throw), σύμφωνα με το οποίο το μεταβλητό μέρος του τέλους καθαριότητας συνδέεται άμεσα με την ποσότητα των υπολειμματικών αποβλήτων που παράγει κάθε

νοικοκυριό. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν ισχυρά οικονομικά κίνητρα για τη μείωση των αποβλήτων και την ενίσχυση της ανακύκλωσης (Zero Waste Europe, 2018).

Το παραπάνω εργαλείο αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα οικονομικού μηχανισμού που μεταθέτει το κόστος στον παραγωγό του αποβλήτου, ενισχύοντας έμπρακτα τη λογική της πρόληψης που τίθεται ως κορυφαία προτεραιότητα στην ιεραρχία αποβλήτων της Οδηγίας-Πλαίσιο 2008/98/EK.

Αποτελέσματα πρακτικής

Τα ποσοτικά δεδομένα της μελέτης περίπτωσης τεκμηριώνουν την αποτελεσματικότητά της: η συνολική παραγωγή αποβλήτων μειώθηκε κατά 15% σε τέσσερα έτη, η χωριστή συλλογή αυξήθηκε από περίπου 45% σε άνω του 72-80%, ενώ τα υπολειμματικά απόβλητα ανά κάτοικο μειώθηκαν από 313 σε περίπου 126 κιλά ετησίως (μείωση 59%). Παράλληλα, η ποιότητα της ανακύκλωσης βελτιώθηκε ουσιαστικά, με τα ποσοστά ακαθαρσίας στα ανακυκλώσιμα ρεύματα να περιορίζονται σε μονοψήφια ποσοστά.

Σε οικονομικό επίπεδο, καταγράφηκε μείωση του συνολικού ετήσιου κόστους διαχείρισης κατά 450.000 ευρώ, αύξηση των εσόδων από την πώληση υλικών υψηλής καθαρότητας καθώς και δημιουργία πρόσθετων θέσεων απασχόλησης στη συλλογή (από 77 σε 121 εργαζομένους). Τα στοιχεία αυτά ενισχύουν εμπειρικά το επιχείρημα ότι οι στρατηγικές κυκλικής οικονομίας δεν συνιστούν απλώς περιβαλλοντική επιλογή αλλά και οικονομικά βιώσιμο μοντέλο, αντίθετα με τη λογική επένδυσης σε υποδομές αποτέφρωσης.

Πίνακας 12. Οικονομικό Ισοζύγιο Δ.Α Πάρμας 2013-2014 (πηγή: ZWE C7, 2018)

Κατηγορία	2013	2014	Ισοζύγιο (€)
Συλλογή και μεταφορά οικιακών απορριμμάτων	5.300.099	6.868.191	1.568.092
Επεξεργασία οικιακών απορριμμάτων	9.050.214	5.563.844	-3.486.370
Χωριστή συλλογή	14.063.648	15.049.744	986.096
Επεξεργασία και ανακύκλωση	1.957.782	2.752.128	794.346
Έσοδα από ανακύκλωση	-805.295	-1.340.000	-534.705
Καθαρισμός δρόμων και άλλες υπηρεσίες	5.908.646	6.127.451	218.805
ΣΥΝΟΛΟ	35.475.094	35.021.358	-453.736

Σημείωση: Το αρνητικό πρόσημο στις κατηγορίες «Επεξεργασία οικιακών απορριμμάτων» και «Έσοδα από ανακύκλωση» υποδηλώνει μείωση κόστους και αύξηση εσόδων αντίστοιχα μεταξύ 2013 και 2014. Το συνολικό ισοζύγιο δείχνει μείωση του συνολικού ετήσιου κόστους κατά 453.736 € από το 2013 στο 2014

Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει την κατανομή του ετήσιου κόστους και των εσόδων διαχείρισης αστικών αποβλήτων στην Πάρμα για τα έτη 2013 και 2014, καθώς και τη μεταβολή (ισοζύγιο) ανά κατηγορία.

Η επιτυχία της Πάρμας συνέβαλε στη θέσπιση περιφερειακής νομοθεσίας στην Εμίλια-Ρομάνια με υψηλούς στόχους όπως μείωση αποβλήτων στο 25%, χωριστή συλλογή 73%, ανακύκλωση 70%, η οποία συνοδεύεται από μηχανισμό κινήτρων/κυρώσεων για τους δήμους. Το στοιχείο αυτό καταδεικνύει τη δυνατότητα μετάβασης από μεμονωμένη τοπική καλή πρακτική σε θεσμοθετημένο πλαίσιο πολιτικής ευρύτερης κλίμακας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δημοσίευσε η Περιφέρεια της Εμίλια-Ρομάνια, το 2024 η χωριστή συλλογή αποβλήτων συνέχισε να αυξάνεται, φτάνοντας το 79% σε περιφερειακό επίπεδο, με αύξηση 1,8% σε σχέση με το 2023. Στο επίπεδο της επαρχίας, η Πάρμα βρίσκεται στο 79,8%, ενώ η ίδια η πόλη της Πάρμας (ως δήμος) έφτασε το 81,1%, με μικρή αύξηση 0,2% σε σχέση με το 2023. Μεταξύ των πρωτευουσών νομών της Εμίλια-Ρομάνια, η Πάρμα (81,1%) κατατάσσεται 5η, πίσω από τη Φεράρα (88,3%), την Τσέζενα (85,8%), το Ρέτζο Εμίλια (84,5%) και το Φορλί (82,0%), αλλά μπροστά από πόλεις όπως η Ραβένα, η Μόντενα, η Μπολόνια, η Πιατσέντσα και το Ρίμινι.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία του 2024 της περιφέρειας της Εμίλια-Ρομάνια η Πάρμα δεν διατήρησε απλώς τα αποτελέσματα της μετάβασης που περιγράφει η μελέτη περίπτωσης (2012-2016), αλλά συνέχισε να βελτιώνεται, παραμένοντας σταθερά πάνω από το 80% χωριστής συλλογής, κάτι που ενισχύει σημαντικά το επιχείρημα ότι το μοντέλο της δεν ήταν παροδικό φαινόμενο αλλά μόνιμη, θεσμοθετημένη αλλαγή (Regione Emilia-Romagna, 2025).

Ο Δήμος της Πάρμας έχει θέσει πλέον ως στόχο να φτάσει έως το 2030 στο 85% χωριστής συλλογής, σε μείωση 20% των κατά κεφαλήν αστικών αποβλήτων σε σχέση με το 2010, και σε ανακύκλωση 70% των υλικών που συλλέγονται χωριστά (Comune di Parma, 2025).

3.2.2 Εταιρεία The Waste Transformers, Ολλανδία

Η εταιρεία The Waste Transformers (TWT) ιδρύθηκε το 2014 στην Ολλανδία από τη Lara van Druten, με στόχο την αντιμετώπιση ενός από τα πιο διαδεδομένα περιβαλλοντικά προβλήματα, αυτού των οργανικών αποβλήτων. Η επιχειρηματική φιλοσοφία της εταιρείας βασίζεται στην ιδέα ότι τα οργανικά απόβλητα δεν αποτελούν προϊόν προς απόρριψη, αλλά πρωτογενή πόρο που μπορεί να αξιοποιηθεί επιτόπου, εκεί ακριβώς όπου παράγεται, αποφεύγοντας έτσι τη μεταφορά του σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας ή υγειονομικής ταφής. Η έδρα της εταιρείας βρίσκεται σήμερα στην περιοχή IJmond (Velsen-Noord), ενώ η πρώτη πιλοτική εφαρμογή της τεχνολογίας

πραγματοποιήθηκε το 2016 στο πάρκο Westergasfabriek, σε μια πρώην βιομηχανική εγκατάσταση φωταερίου στο Άμστερνταμ.

Ο πυρήνας της τεχνολογικής λύσης που προσφέρει η TWT είναι ο λεγόμενος "Waste Transformer", ένας αρθρωτός (modular) αναερόβιος χωνευτήρας (anaerobic digester) ο οποίος είναι εγκατεστημένος εντός τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων (shipping containers) των 20 ποδών. Η μονάδα συλλέγει διαχωρισμένα οργανικά απόβλητα, τα τεμαχίζει και τα τροφοδοτεί σε κλειστό σύστημα αναερόβιας χώνευσης. Από τη διεργασία αυτή προκύπτουν δύο κύρια προϊόντα: α) βιοαέριο, το αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και μετατρέπεται επιτόπου σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα που τροφοδοτούν απευθείας το κτίριο ή την εγκατάσταση παραγωγής, και β) υγρό λίπασμα υψηλής ποιότητας, το οποίο υποκαθιστά τα συνθετικά λιπάσματα. Σε ορισμένες εφαρμογές, τα απόβλητα αξιοποιούνται περαιτέρω για την παραγωγή πρώτων υλών για χαρτί, υφάσματα ή σαπούνια, στοιχείο που ενισχύει τον χαρακτήρα της τεχνολογίας ως πολυλειτουργικού εργαλείου κυκλικής οικονομίας. Επίσης, η εταιρεία διαθέτει διαφορετικά μοντέλα μονάδων ανάλογα με την παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων: η μονάδα ADX1 επεξεργάζεται έως 350 κιλά οργανικών αποβλήτων ημερησίως, ενώ η μεγαλύτερη μονάδα ADX5 φτάνει τα 3.600 κιλά ημερησίως, καλύπτοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα χρηστών, από μεμονωμένες επιχειρήσεις έως μεγάλες εγκαταστάσεις και κοινότητες.

3.2.2.1 Εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας

Το μοντέλο της TWT αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αποκεντρωμένης διαχείρισης αποβλήτων σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συγκεντρωτικά συστήματα συλλογής και επεξεργασίας. Η επιτόπου επεξεργασία μειώνει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που σχετίζεται με τη μεταφορά αποβλήτων, ενώ παράλληλα κλείνει τον βρόχο των υλικών σε τοπικό επίπεδο: η ενέργεια και το λίπασμα που παράγονται επανατροφοδοτούν τη γειτονιά, την επιχείρηση ή την εγκατάσταση που παρήγαγε το απόβλητο. Η προσέγγιση αυτή ευθυγραμμίζεται άμεσα με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και την ευρωπαϊκή ιεράρχηση διαχείρισης αποβλήτων, καθώς προωθεί την ανάκτηση πόρων όπως ενέργειας και θρεπτικών συστατικών αντί της απλής διάθεσης, ενώ συμβάλλει και σε στόχους αποανθρακοποίησης, μέσω της μείωσης εκπομπών που σχετίζονται τόσο με τη μεταφορά όσο και με την υγειονομική ταφή ή την αποτέφρωση οργανικών αποβλήτων.

Η πιλοτική εγκατάσταση στο Westergasfabriek του Άμστερνταμ επεξεργαζόταν οργανικά απόβλητα από εστιατόρια, μικροζυθοποιία και γραφεία της περιοχής, παράγοντας καθαρή ενέργεια που διοχετευόταν, μέσω συνδρομητικού μοντέλου, σε δεκαπέντε ολλανδικά νοικοκυριά. Η εφαρμογή αυτή λειτούργησε ως απόδειξη της τεχνολογικής και

επιχειρηματικής βιωσιμότητας του μοντέλου και αποτέλεσε την βάση για περαιτέρω επέκταση.

Μία από τις πιο αναγνωρίσιμες εφαρμογές της εταιρείας είναι η εγκατάσταση στο γήπεδο Johan Cruijff Arena του Άμστερνταμ. Η μονάδα επεξεργάζεται οργανικά απόβλητα από εκδηλώσεις και γειτονικά εστιατόρια γραφείων, ενώ το παραγόμενο λίπασμα χρησιμοποιείται για τη συντήρηση των αγωνιστικών χόρτων του σταδίου, κλείνοντας έτσι πλήρως τον κύκλο. Το στάδιο διοργανώνει ετησίως εκπαιδευτικές επισκέψεις σε επιχειρηματικό κοινό για την ανάδειξη της τεχνολογίας, ενώ η πρωτοβουλία έχει αξιοποιηθεί και ως εργαλείο εταιρικής βιωσιμότητας σε διεθνείς εκδηλώσεις που φιλοξενήθηκαν στον χώρο.

Εικόνα 6. Λίπασμα για τη συντήρηση των αγωνιστικών χώρων (πηγή: the transformer site)



Αποτελέσματα πρακτικής

Πέρα από την Ολλανδία, η TWT έχει αναπτύξει το λεγόμενο μοντέλο "Business in a Box", μέσω του οποίου παρέχει σε τοπικούς επιχειρηματίες σε αναπτυσσόμενες χώρες την τεχνολογία, την εκπαίδευση και την υποστήριξη ώστε να λειτουργήσουν τη δική τους μονάδα ως ανεξάρτητη επιχείρηση, με χρόνο απόσβεσης που κυμαίνεται συνήθως μεταξύ τριών και πέντε ετών. Για παράδειγμα, έργα έχουν υλοποιηθεί σε εμπορικά κέντρα της Νότιας Αφρικής, σε αγορές τροφίμων της Κολομβίας και σε αναπτυσσόμενες περιοχές της

Σιέρα Λεόνε, αποδεικνύοντας ότι η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε ανεπτυγμένες όσο και σε αναπτυσσόμενες οικονομίες (European Union- Good Practices).

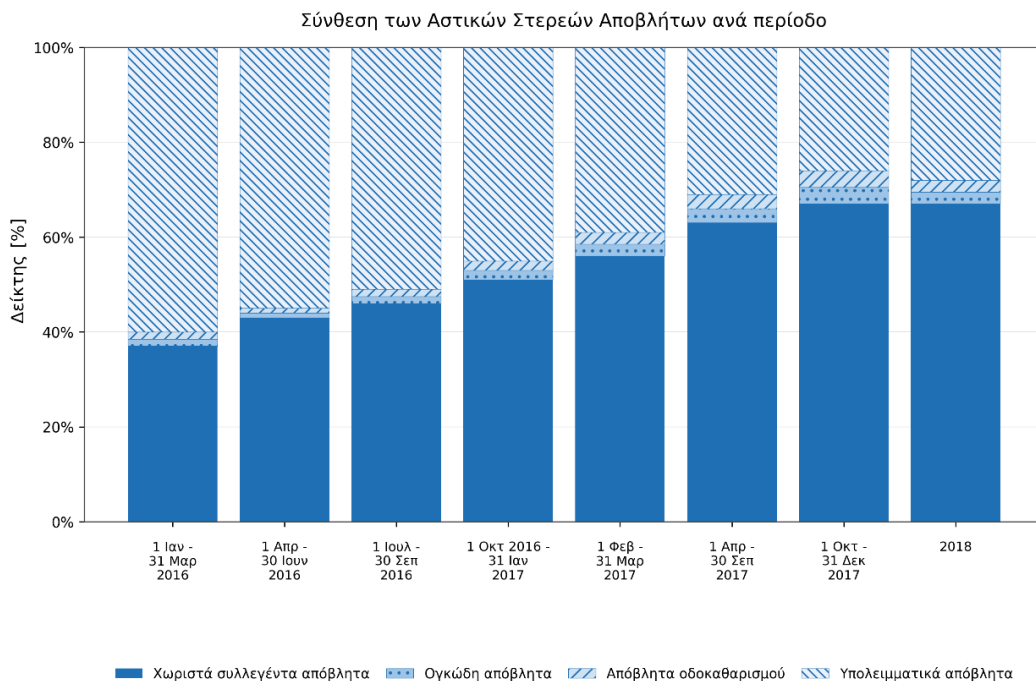
Η εταιρεία έχει λάβει στήριξη ύψους 1,2 εκατομμυρίων ευρώ από το ευρωπαϊκό Ταμείο Δίκαιης Μετάβασης (Just Transition Fund) για την επέκταση των δραστηριοτήτων της στην περιοχή IJmond, με στόχο την τυποποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, την ανάπτυξη του κέντρου «Energy Hub Velsen» και τη δημιουργία αρθρωτών συστημάτων νέας γενιάς που θα διευκολύνουν την είσοδο σε νέες αγορές. Η χρηματοδότηση αυτή εντάσσεται στους ευρύτερους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050.

3.2.3 Brescia, Ιταλία

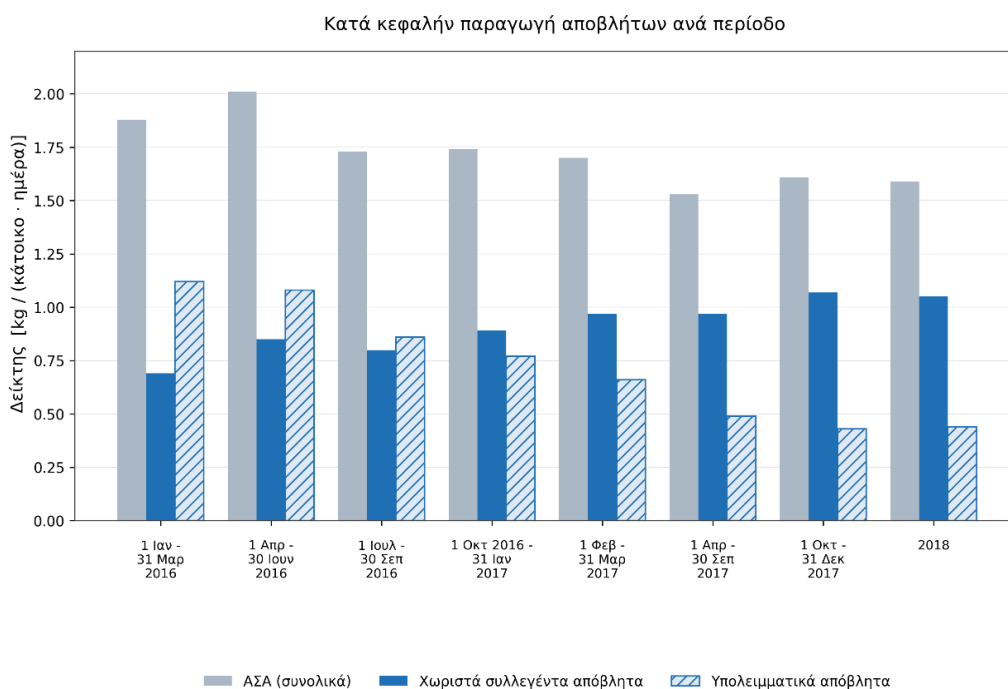
Η πόλη της Brescia στη Βόρεια Ιταλία αποτελεί ένα άλλο τεκμηριωμένο παραδείγματα σταδιακής μετάβασης σε σύστημα κυκλικής διαχείρισης ΑΣΑ, καθώς η μελέτη των Bertanza et al. (2021) παρακολουθεί την εξέλιξη του συστήματος για μια περίοδο 30 ετών. Η εφαρμογή της πρακτικής ξεκίνησε με ένα παραδοσιακό σύστημα διαχείρισης που στηριζόταν σχεδόν αποκλειστικά στην απευθείας ταφή των αποβλήτων, χωρίς ουσιαστική διαλογή στην πηγή. Η πρώτη φάση μετάβασης περιελάμβανε τη σταδιακή επέκταση της διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών μέσω κάδων δρόμου σε όλο και περισσότερες γειτονίες της πόλης. Ωστόσο, αυτό το σύστημα έδειξε σαφή όρια: η διαλογή με κάδους δρόμου έφτασε σε κορεσμό γύρω στο 40% του συνόλου των αποβλήτων, γεγονός που κατέδειξε ότι η απλή αύξηση των σημείων συλλογής δεν αρκούσε για να επιτευχθούν υψηλότερα ποσοστά εκτροπής.

Στη δεύτερη φάση, η πόλη επένδυσε στην κατασκευή μονάδας Waste-to-Energy (WtE), δηλαδή μονάδας θερμικής επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας. Η λειτουργία της μονάδας αυτής αποτέλεσε καθοριστικό σημείο καμπής για το σύστημα, καθώς η κατασκευή της μονάδας αποτέφρωσης εξάλειψε την απευθείας διάθεση αποβλήτων σε ΧΥΤΑ. Αυτό σημαίνει ότι το υπολειμματικό κλάσμα αποβλήτων που δεν μπορούσε να ανακυκλωθεί ή να κομποστοποιηθεί έπαψε να καταλήγει σε ταφή και άρχισε να αξιοποιείται ενεργειακά, μειώνοντας ταυτόχρονα τον όγκο του αποβλήτου και παράγοντας ηλεκτρική ή/και θερμική ενέργεια. Στην τρίτη φάση, το σύστημα συλλογής εξελίχθηκε περαιτέρω με τη μετάβαση από τους κάδους δρόμου σε σύστημα συλλογής πόρτα-πόρτα, το οποίο βελτίωσε σημαντικά τα ποσοστά διαλογής στην πηγή, καθώς η εξατομικευμένη συλλογή αυξάνει την υπευθυνότητα και τη συμμετοχή των νοικοκυριών σε σχέση με τους κοινόχρηστους κάδους.

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η σταδιακή μεταβολή της σύνθεσης των ΑΣΑ και η παραγωγή κατά κεφαλήν ανά περίοδο, από το 2016 έως το 2018.



Διάγραμμα 5. Η σταδιακή μεταβολή της σύνθεσης των ΑΣΑ



Διάγραμμα 6. Παραγωγή κατά κεφαλήν αποβλήτων στην Brescia για το έτη 2016-2018

Αποτελέσματα πρακτικής

Η μελέτη παρακολούθησε λεπτομερώς τις ροές υλικών μέσω 72 εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων, ακολουθώντας τη διαδρομή του κάθε υλικού από τη συλλογή έως την επίτευξη της ιδιότητας «τέλους αποβλήτου» (end of waste), δηλαδή έως το σημείο όπου το υλικό παύει νομικά να θεωρείται απόβλητο και επανεντάσσεται στην αγορά ως πρώτη ύλη. Το βασικό συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι η επιτυχία του συστήματος δεν οφείλεται σε μία μόνο τεχνολογία, αλλά στον συνδυασμό τριών συμπληρωματικών στρατηγικών: της διαλογής στην πηγή, της ενεργειακής αξιοποίησης του υπολείμματος και της βελτιστοποίησης του τρόπου συλλογής. Το όφελος της τεχνολογίας WtE συγκεκριμένα έγκειται στο ότι λειτούργησε ως «δίκτυ ασφαλείας» για το κλάσμα που δεν μπορούσε να ανακτηθεί υλικά, μετατρέποντάς το σε πόρο αντί να καταλήγει σε χωματερή, χωρίς ωστόσο να ανταγωνίζεται την ανακύκλωση, αντίθετα, λειτούργησε παράλληλα με τη συνεχή βελτίωση των ποσοστών διαλογής στην πηγή.

3.2.4 Νότια Κορέα

Η μελέτη περίπτωσης της Νότιας Κορέας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και ενδιαφέρουσα γιατί περιλαμβάνει ιστορική τεκμηρίωση και αναλυτικά τεχνικά δεδομένα για τη τεχνολογία αποτέφρωσης με ανάκτηση ενέργειας. Η αφετηρία της μετάβασης εντοπίζεται στα τέλη της δεκαετίας του 1990, όταν το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων της χώρας στηριζόταν σχεδόν αποκλειστικά στην ταφή: το 1997, το 63,85% των αστικών αποβλήτων κατέληγε σε χωματερή, μόλις το 7,12% αποτεφρωνόταν και το 29,04% ανακυκλωνόταν. Μέσα σε 25 χρόνια συστηματικής πολιτικής παρέμβασης, η εικόνα αυτή αντιστράφηκε πλήρως: το 2022, μόλις το 10,23% των αποβλήτων κατέληγε σε ταφή, το 24,00% αποτεφρωνόταν με ανάκτηση ενέργειας και το 65,77% ανακυκλωνόταν. Αυτή η αντιστροφή επιτεύχθηκε μέσω συνδυασμού νομοθετικών μέτρων, με κορυφαίο τον νόμο-πλαίσιο για την κυκλοφορία των πόρων / Framework Act on Resource Circulation (2016) και μεταγενέστερα τον Νόμο για την Προώθηση της Μετάβασης σε Κοινωνία Κυκλικής Οικονομίας, καθώς και μέσω συγκεκριμένης πολιτικής που απαγορεύει σταδιακά την απευθείας ταφή οικιακών αποβλήτων «No More Direct Landfilling of Household Waste Policy», η οποία τίθεται σε πλήρη ισχύ το 2026 στη μητροπολιτική περιοχή της Σεούλ και το 2030 στις υπόλοιπες περιοχές της χώρας (Kwon et al., 2024).

Η μελέτη εξηγεί αναλυτικά τι συμβαίνει σε 44 μονάδες αποτέφρωσης σε όλη τη χώρα κατά τη διάρκεια 5 ετών λειτουργίας. Το απόβλητο-στόχος ήταν το οικιακό απόβλητο που απομένει αφού έχουν ήδη αφαιρεθεί στην πηγή τα ανακυκλώσιμα υλικά και τα οργανικά

(τα οποία στην Κορέα συλλέγονται ξεχωριστά με πολύ υψηλά ποσοστά ανάκτησης, 80% και 73,9% αντίστοιχα). Το 2020, η συνολική ποσότητα αποβλήτων στη χώρα ανήλθε σε 195,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως, εκ των οποίων το οικιακού τύπου απόβλητο αντιστοιχούσε σε 17,3 εκατομμύρια τόνους, και το υπολειμματικό κλάσμα να φτάνει τους 8,0 εκατομμύρια τόνους ετησίως, το οποίο είναι το απόβλητο που είτε καταλήγει σε αποτέφρωση είτε σε υγειονομική ταφή.

Σύμφωνα με τη μελέτη τα οφέλη της τεχνολογίας αποτέφρωσης με ανάκτηση ενέργειας είναι τα παρακάτω:

Η μάζα του αποβλήτου μειώθηκε κατά 83,1% μέσω της αποτέφρωσης, η τέφρα που απέμενε αντιστοιχούσε μόλις στο 16,9% της αρχικής μάζας, ενώ σε όρους όγκου, για κάθε 100 τόνους αποβλήτου που αποτεφρώνονταν εξοικονομούνταν 338,7 m³ χωρητικότητας χωματερής, δηλαδή μείωση όγκου της τάξης του 96,5% σε σχέση με την απευθείας ταφή. Ταυτόχρονα, η μέση απόδοση ανάκτησης ενέργειας στις 44 μονάδες ήταν 71,0% για την πενταετία, με την ανακτημένη ενέργεια να αντιστοιχεί σε περίπου 7 GJ ανά τόνο αποβλήτου, η οποία χρησιμοποιείται είτε ως θερμότητα/ατμός, στις περισσότερες μονάδες, είτε μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό μέσω ατμοστρόβιλων. Το περιβαλλοντικό όφελος μεταφράζεται και σε όρους εκπομπών άνθρακα: η ανακτημένη ενέργεια από την αποτέφρωση 100 τόνων αποβλήτου αντιστοιχεί στην αποφυγή έκλυσης περίπου 64,7 τόνων CO₂ που θα προέκυπταν από την καύση ισοδύναμης ποσότητας λιθάνθρακα, αφού αντικαθιστά συμβατικά ορυκτά καύσιμα στο ενεργειακό μείγμα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η κορεατική πολιτική συνδέει άμεσα το οικονομικό κίνητρο με την τεχνική απόδοση: ο φόρος αποτέφρωσης (Incineration Tax Reduction Policy) μειώνει το τέλος διάθεσης αποβλήτων ανάλογα με την απόδοση ενεργειακής ανάκτησης κάθε μονάδας, με αποτέλεσμα το 93,2% των περιπτώσεων που μελετήθηκαν να λαμβάνουν κάποιο ποσοστό φορολογικής έκπτωσης λόγω απόδοσης άνω του 50%.

Αυτό αποτελεί ένα καλό παράδειγμα του πώς ένα οικονομικό εργαλείο πολιτικής μπορεί να ενισχύσει συστηματικά την τεχνική απόδοση μιας τεχνολογίας ενεργειακής αξιοποίησης, συνδέοντας άμεσα το περιβαλλοντικό όφελος με το οικονομικό κίνητρο για τους διαχειριστές των εγκαταστάσεων.

3.2.5 Νέα Υόρκη, ΗΠΑ

Η περίπτωση της Νέας Υόρκης διαφέρει από τις προηγούμενες, καθώς δεν αφορά τόσο μια επιτυχημένη ολοκληρωμένη μετάβαση, όσο μια πρόσφατη και ακόμη εν εξελίξει προσπάθεια εφαρμογής κυκλικής οικονομίας σε ένα από τα πυκνότερα κατοικημένα αστικά κέντρα του κόσμου, με έμφαση στο οργανικό κλάσμα των αποβλήτων. Η αφετηρία

του προβλήματος είναι ότι η πόλη παράγει πάνω από ένα εκατομμύριο τόνους κομποστοποιήσιμων οργανικών αποβλήτων ετησίως, τα οποία μέχρι πρόσφατα κατέληγαν σε μεγάλο βαθμό σε χωματερή, συμβάλλοντας σημαντικά σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθώς η αναερόβια αποσύνθεση των οργανικών στις χωματερές παράγει μεθάνιο. Η ποσοτικοποίηση αυτού του περιβαλλοντικού κόστους είναι ιδιαίτερα χρήσιμη: η ταφή οργανικού αποβλήτου παράγει περίπου 400 κιλά CO₂ ισοδύναμου ανά τόνο, ενώ οι εναλλακτικές διαδρομές διαχείρισης έχουν τελείως διαφορετικό αποτύπωμα (Barua, 2026).

Ως απάντηση, η πόλη ανέπτυξε ένα σύστημα διαχωρισμού των οργανικών στην πηγή (Source-Separated Organic Waste), το οποίο συνδυάζει κομποστοποίηση, αναερόβια χώνευση για παραγωγή ανανεώσιμου φυσικού αερίου, και κοινοτική κομποστοποίηση μικρής κλίμακας. Το τεχνολογικό όφελος της κάθε διαδρομής είναι σαφές και μετρήσιμο: η κομποστοποίηση παράγει καθαρές αρνητικές εκπομπές περίπου -41 κιλά CO₂ ισοδύναμου ανά τόνο, ενώ η ξηρή αναερόβια χώνευση για παραγωγή ανανεώσιμου φυσικού αερίου αποδίδει εύρος εκπομπών από -36 έως -2 κιλά CO₂ ισοδύναμου ανά τόνο - δηλαδή και οι δύο τεχνολογίες όχι μόνο αποφεύγουν τις εκπομπές της ταφής, αλλά παράγουν καθαρό κλιματικό όφελος, με την αναερόβια χώνευση να προσφέρει επιπλέον το πλεονέκτημα της παραγωγής ανανεώσιμου καυσίμου που μπορεί να αντικαταστήσει ορυκτό φυσικό αέριο (Barua, 2026).

Παρότι το υποχρεωτικό πρόγραμμα κομποστοποίησης στο σπίτι τέθηκε σε πλήρη ισχύ τον Απρίλιο του 2025 και συγκέντρωσε πάνω από 30.000 τόνους οργανικών το 2025, τα ποσοστά συμμετοχής σε επίπεδο νοικοκυριού παρέμειναν κάτω από 5%. Η μελέτη αποδίδει αυτό το χάσμα σε συγκεκριμένους παράγοντες: ανεπαρκή υποδομή συλλογής, έλλειψη εκπαίδευσης του κοινού, προβλήματα επιμόλυνσης του οργανικού ρεύματος με μη κομποστοποιήσιμα υλικά, και ιδιαίτερες δυσκολίες συμμόρφωσης σε πολυκατοικίες όπου ο συντονισμός πολλών νοικοκυριών είναι πιο περίπλοκος απ' ό,τι σε μονοκατοικίες.

Αποτελέσματα πρακτικής

Το συμπέρασμα της πρακτικής είναι ότι η ύπαρξη της κατάλληλης τεχνολογίας (κομποστοποίηση, αναερόβια χώνευση) και ενός θεσμικού πλαισίου (υποχρεωτικό πρόγραμμα) δεν αρκούν από μόνα τους για να εξασφαλίσουν αποτελεσματική εφαρμογή κυκλικής οικονομίας· χρειάζεται παράλληλη επένδυση σε υποδομή, εκπαίδευση κοινού και μηχανισμούς συμμόρφωσης, ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένα αστικά περιβάλλοντα με μεγάλο αριθμό πολυκατοικιών.

3.2.6 Κατμαντού, Νεπάλ

Ο Μητροπολιτικός Δήμος Κατμαντού (Kathmandu Metropolitan City, KMC) είναι η πρωτεύουσα του Νεπάλ, με πληθυσμό περίπου 975.000 κατοίκων, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας ταχέως αστικοποιούμενης πόλης αναπτυσσόμενης χώρας που αντιμετωπίζει σοβαρές δυσλειτουργίες στη διαχείριση των ΑΣΑ. Σύμφωνα με στοιχεία της Ασιατικής Τράπεζας Ανάπτυξης που παρατίθενται στην έρευνα του Shrestha (2018), η συνολική παραγωγή αποβλήτων στο Κατμαντού ανέρχεται σε 466 τόνους ημερησίως (0,48 kg κατά κεφαλήν/ημέρα), με σύνθεση που κυριαρχείται από οργανικά απόβλητα (43,3%), ακολουθούμενα από χαρτί (25,4%) και πλαστικό (21,6%). Το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων του Κατμαντού χαρακτηρίζεται ως ημι-τυπικό (semi-formal), με κάθε μία από τις 35 διοικητικές περιφέρειες της πόλης υπεύθυνη για τη δική της συλλογή και διάθεση αποβλήτων, χωρίς επαρκή συντονισμό μεταξύ δήμου και ιδιωτικού τομέα (Shrestha, 2018). Η απουσία διαλογής στην πηγή, η ελλιπής υποδομή μεταφοράς και η υπερεκμετάλλευση του μοναδικού ενεργού ΧΥΤΑ στο Sisdol, έχουν οδηγήσει σε ανεξέλεγκτη απόρριψη αποβλήτων κατά μήκος ποταμών και σε δημόσιους χώρους, με σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Παρά τη θεσμική αδράνεια, η έρευνα καταγράφει την ανάδυση μιας ανεπίσημης αλλά δυναμικής Κυκλικής Οικονομίας, μέσω νεοφυών επιχειρήσεων ανακύκλωσης και upcycling. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι εταιρείες Doko Recyclers και Khaalisisi, οι οποίες προσφέρουν δωρεάν συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών όπως χαρτί, πλαστικό, γυαλί, μέταλλο, ηλεκτρονικά απόβλητα, από νοικοκυριά, χρηματοδοτούμενες μέσω συνδρομών από θεσμικούς πελάτες, καθώς και η επιχείρηση Tyre Treasures, που μετατρέπει άχρηστα ελαστικά σε έπιπλα και αντικείμενα υψηλότερης αξίας. Ωστόσο, ο συγγραφέας επισημαίνει ότι οι πρωτοβουλίες αυτές λειτουργούν αποσπασματικά, χωρίς επίσημο θεσμικό πλαίσιο συνεργασίας μεταξύ ιδιωτικού τομέα, ΜΚΟ και άτυπων εργαζομένων ανακύκλωσης. Η απουσία αυτής της διασύνδεσης αναγνωρίζεται ως βασικό εμπόδιο για την πλήρη ενσωμάτωση αρχών Κ.Ο στο σύστημα (Shrestha, 2018).

Η μελέτη εντοπίζει τέσσερις βασικές κατηγορίες εμποδίων για τη μετάβαση:

- Οικονομικά, όπως ανεπαρκής προϋπολογισμός, απουσία επιδοτήσεων για πράσινη επιχειρηματικότητα,
- έλλειψη υποδομής/τεχνολογίας, απαρχαιωμένος στόλος οχημάτων, ανεπάρκεια σταθμών διαλογής και μεταφόρτωσης,
- διακυβέρνηση όπως απουσία μακροπρόθεσμου στρατηγικού σχεδιασμού, ελλιπής παρακολούθηση δεδομένων
- και κοινωνικά όπως αρνητική αντίληψη της κοινωνίας για τα απόβλητα και τους άτυπους εργαζόμενους ανακύκλωσης, χαμηλή συμμετοχή του κοινού (Shrestha, 2018).

Ως συστάσεις, ο συγγραφέας προτείνει τη θεσμοθέτηση της διαλογής στην πηγή με παροχή κάδων από τον δήμο, τη δημιουργία εγκατάστασης αναερόβιας χώνευσης (waste-to-energy) σε συνδυασμό με κέντρα ανάκτησης υλικών, και κυρίως την επίσημη ένταξη του άτυπου τομέα ανακύκλωσης στη λειτουργία του συστήματος, ώστε η γνώση και η εμπειρία του να αξιοποιηθούν θεσμικά αντί να παραμένουν στο περιθώριο

Η περίπτωση του Κατμαντού αναδεικνύει πώς η κυκλική οικονομία μπορεί να αναπτυχθεί οργανικά μέσω μικρής κλίμακας επιχειρηματικότητας ακόμη και απουσία θεσμικής στήριξης, σε αντίθεση με κάποιες από τις παραπάνω μελέτες περιπτώσεων αναπτυγμένων πόλεων όπου η κυκλικότητα προωθείται κυρίως μέσω δημοτικού σχεδιασμού και υποδομών.

3.2.7 Devon, Ηνωμένο Βασίλειο

Το Devon είναι μια μεγάλη αγροτική κομητεία, η οποία βρίσκεται νοτιοδυτικά της Αγγλίας και αποτελεί την 4^η μεγαλύτερη κομητεία στο Ηνωμένο Βασίλειο. Οι Thornton & Kulatunga (2026) εξέτασαν τη διαχείριση των ΑΣΑ στα πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας και πώς αυτή θα μπορούσε να βελτιωθεί σε ολόκληρο το Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιώντας μια ολιστική προσέγγιση. Εστίασαν στις διαδικασίες επεξεργασίας αποβλήτων στην κομητεία του Devon. Η διαχείριση των ΑΣΑ στο Ηνωμένο Βασίλειο συνδυάζει ποσοτική ανάλυση δεδομένων κόστους και στατιστικών με ποιοτική ανάλυση πολιτικών και κοινοτικών παραγόντων. Τα απόβλητα χωρίζονται ανά έθνος με βάση τις δικές τους πολιτικές και στρατηγικές για τη διαχείρισή τους.

Το Devon λειτουργεί με διβάθμιο σύστημα διακυβέρνησης, τις τοπικές αρχές που λειτουργούν ως Αρχές Συλλογής Αποβλήτων, και την Αρχή απόρριψης αποβλήτων (Devon County Council). Ακόμα, υπάρχουν και δυο Ενιαίες Αρχές (Plymouth και Torbay) που παρέχουν υπηρεσίες συλλογής και διάθεσης αποβλήτων, ανεξάρτητα από τις παραπάνω καθώς και η South West Devon Waste Partnership, η οποία συστάθηκε με σκοπό την παροχή διεξόδου διάθεσης για τα υπολειμματικά απόβλητα, αποφεύγοντας την ταφή και μειώνοντας το αποτύπωμα του άνθρακα, μέσω της λειτουργίας μονάδας Ενέργεια από απόβλητα (WtE) (Thornton & Kulatunga, 2026).

Σε εθνικό επίπεδο, η Αρχή Συλλογής Αποβλήτων υποχρεούται βάσει του Νόμου περί Προστασίας του Περιβάλλοντος του 1990 να συλλέγει τουλάχιστον δύο τύπους ανακυκλώσιμων υλικών, ενώ οι Κανονισμοί περί Αποβλήτων του 2011 στην Αγγλία και Ουαλία ορίζουν τον ξεχωριστό διαχωρισμό χαρτιού, μετάλλου, πλαστικού και γυαλιού υπό προϋποθέσεις. Ο Νόμος περί Περιβάλλοντος του 2021 προβλέπει την τυποποίηση της συλλογής αποβλήτων σε όλες τις Τοπικές Αρχές, ωστόσο η πλήρης εφαρμογή του έχει ξεκινήσει από τις 31 Μαρτίου 2026.

Για τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από κυβερνητικές εκθέσεις, τις Τοπικές Αρχές, την Eurostat και την Παγκόσμια Τράπεζα.

Όσον αφορά το Devon οι περισσότερες Τοπικές Αρχές εμφάνισαν ποσοστό ανακύκλωσης 42,3%, υψηλότερο από τον εθνικό μέσο όρο της Αγγλίας, με εξαίρεση το Exeter με ποσοστό 29,1%, καθώς και το Plymouth και το Torbay. Η ανάλυση της ροής αποβλήτων στην κομητεία δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος τους κατευθύνεται είτε σε ανακύκλωση με ποσοστό 26,9 %, είτε σε κομποστοποίηση με ποσοστό 27,6%, είτε σε μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης με ποσοστό 44 %, φτάνοντας με μόλις το 1,4 % να καταλήγει σε ταφή (Thornton & Kulatunga, 2026).

Όσον αφορά το Ηνωμένο Βασίλειο όλα τα έθνη εμφανίζουν αυξητική τάση ανακύκλωσης από το 2010, με την Ουαλία να πρωτοπορεί σταθερά χάρη στον ξεχωριστό διαχωρισμό βιοαποβλήτων και την επεξεργασία και αξιοποίησή τους σε αναερόβιους χωνευτήρες. Κατατάσσεται 2^η από 48 χώρες παγκοσμίως. Οι Thornton & Kulatunga (2026) συγκρίνουν εννέα χώρες και περιοχές διεθνώς, μεταξύ άλλων Γερμανία, Devon, Ηνωμένο Βασίλειο, Αυστραλία, Αγγλία, Ουαλία Νορβηγία, Σουηδία, Ιαπωνία και Νέα Ζηλανδία για το έτος 2022 όσον αφορά την διαχείριση των ΑΣΑ και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13. Διεθνής σύγκριση ποσοστών ανακύκλωσης αστικών αποβλήτων (2022) (πηγή: Thornton & Kulatunga, 2026)

Χώρα/Περιοχή	Ποσοστό ανακύκλωσης (%)	(%)
Γερμανία	69,2	Ταφή μόλις 0,46
Ουαλία	—	2η παγκοσμίως (από 48 χώρες)
Ιαπωνία	—	Υψηλότερο ποσοστό αποτέφρωσης (~80)
Νέα Ζηλανδία	10,2	~90 καταλήγει σε ταφή

Αποτελέσματα πρακτικής:

Η μελέτη επισημαίνει ότι οι χώρες με τα υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης διαθέτουν μακρόχρονες, σταθερές πολιτικές, ενώ ΕΕ και Αγγλία εμφανίζουν παρόμοιους στόχους για το 2035, όπως και Αυστραλία με Νέα Ζηλανδία μεταξύ τους, με έμφαση στη μείωση οργανικών και συνολικών αποβλήτων. Ακόμα, ο βρετανικός Φόρος Ταφής αναδεικνύεται ως αποτελεσματικό εργαλείο πολιτικής, έχοντας συμβάλει στη μείωση της ταφής κατά

περίπου 38 εκατομμύρια τόνους σε διάστημα 13 ετών, ενώ αντίθετα οι Κανονισμοί ΑΗΗΕ του 2013 κρίνονται ανεπαρκείς ως κίνητρο επισκευής και επαναχρησιμοποίησης.

Επιπλέον, τα ευρήματα αναδεικνύουν ισχυρή εξάρτηση από την ενεργειακή αξιοποίηση ως κύρια μέθοδο εκτροπής από την ταφή, η οποία όμως περιορίζει τις δυνατότητες υλικής ανάκτησης. Το μεγαλύτερο μέρος του επεξεργασμένου αποβλήτου παραμένει εντός Ηνωμένου Βασιλείου, με μικρότερο τμήμα να εξάγεται προς Ρουμανία, Ιρλανδία, Ισπανία, Γερμανία και Μαλαισία.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ανάλυση κόστους: τα ανακυκλώσιμα υλικά αντιστοιχούν στο 26,9% του όγκου αποβλήτων αλλά στο 49,5% του συνολικού κόστους διαχείρισης, ενώ η κομποστοποίηση αντιστοιχεί στο 27,6% του όγκου αλλά μόλις στο 6,1% του κόστους. Αυτό σημαίνει καλύτερη σχέση κόστους-οφέλους στην κομποστοποίηση και στην ενεργειακή αξιοποίηση σε σχέση με την ανακύκλωση και την ταφή (Thornton & Kulatunga, 2026).

Λύσεις για την κυκλικότητα

Οι συγγραφείς προτείνουν την αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης για τη βελτιστοποίηση δρομολογίων συλλογής. Επίσης προηγμένα συστήματα διαλογής, έξυπνοι κάδοι για παρακολούθηση όγκου αποβλήτων, τυποποίηση πολιτικών ανακύκλωσης μεταξύ Τοπικών Αρχών, οικονομικά κίνητρα, και η δημιουργία περιφερειακών εταιρειών διαχείρισης αποβλήτων θα οδηγούσαν σε μεγαλύτερα ποσοστά αξιοποίησης αποβλήτων.

Επερχόμενες μεταρρυθμίσεις, όπως η πολιτική «Απλούστερη Ανακύκλωση» και τεχνολογικές καινοτομίες θεωρούνται σημαντικές, αλλά η διαρκής πρόοδος εξαρτάται τελικά από την αλλαγή συμπεριφοράς και τη συμμετοχή της κοινότητας, η οποία απαιτεί οικοδόμηση εμπιστοσύνης και κοινή ευθύνη όλων των εμπλεκομένων φορέων.

3.2.8 Πάτρα, Ελλάδα

Η πόλη της Πάτρας, τρίτη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας με 215.922 μόνιμους κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2021, αποτέλεσε αντικείμενο πρόσφατης μελέτης των Emmanouil et al. (2025) που αξιολόγησε την εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση ΑΣΑ του Δήμου, μέσω ποσοτικών δεικτών κυκλικότητας και έρευνας κοινής γνώμης σε δείγμα 207 πολιτών.

Όσον αφορά τους ποσοτικούς δείκτες, η εικόνα που προκύπτει είναι μεικτή. Η παραγωγή αποβλήτων στην Πάτρα είναι στα 467 kg/κάτοικο ετησίως το 2020, σταθερά χαμηλότερη τόσο από τον εθνικό (499 kg) όσο και από της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσο όρο (520 kg),

όπως και η παραγωγή οργανικών αποβλήτων στα 166 έναντι 191 kg πανελλαδικά. Από την άλλη η συνολική ανακύκλωση παρέμεινε εξαιρετικά χαμηλή το 2020 με ποσοστό 11,6%, υπολειπόμενη ακόμη του ελληνικού μέσου όρου 18,1 %, ο οποίος με τη σειρά του είναι πολύ χαμηλότερος από το αντίστοιχο της ΕΕ που αγγίζει τα ποσοστά των 48,7% (Emmanouil et al., 2025). Ιδιαίτερα προβληματικοί αναδείχθηκαν δύο δείκτες: η κομποστοποίηση βιοαποβλήτων, που ήταν μηδενική για το έτος 2019, και η ανακύκλωση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού, η οποία στην Πάτρα ήταν 0,05–0,06 kg/κάτοικο και υπολείπεται κατά πολύ του ήδη χαμηλού εθνικού μέσου όρου 5,98 kg, έναντι των 11 kg στην ΕΕ. Αντίθετα, η ανακύκλωση γυαλιού στα 39,8%, ξεπερνούσε τον εθνικό μέσο όρο 29,9%, ενώ η ανακύκλωση χαρτιού στα 24,2% υστερούσε σημαντικά του εθνικού μέσου όρου 84,6% (Emmanouil et al., 2025). Τα παραπάνω αποτελέσματα αποτυπώνονται στον Πίνακα 14.

Η έρευνα κοινής γνώμης αποκάλυψε ότι οι πολίτες, παρότι διατηρούν θετική στάση απέναντι στην έννοια της Κ.Ο και αναγνωρίζουν τη σημασία της για την κοινωνική πρόοδο και την περιβαλλοντική προστασία, δεν έχουν ακόμη υιοθετήσει αντίστοιχες πρακτικές στην καθημερινότητά τους. Η πλειονότητα δήλωσε ότι ανακυκλώνει «λίγο» και δεν καταβάλλει ενεργή προσπάθεια μείωσης της παραγωγής αποβλήτων (Emmanouil et al., 2025).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν ως προς την ηλικία: οι μεγαλύτεροι σε ηλικία πολίτες (>65 ετών) εμφάνισαν τη μεγαλύτερη επιφυλακτικότητα απέναντι στην αλλαγή συνηθειών, τη μικρότερη εξοικείωση με τον όρο «Κυκλική Οικονομία» και τη χαμηλότερη εμπιστοσύνη τόσο στην ικανότητα του δήμου να διαχειριστεί τα απόβλητα όσο και στη δυνατότητα της Κ.Ο να λειτουργήσει ως μοχλός κοινωνικής και περιβαλλοντικής προόδου. Μια ψηφιακή εφαρμογή συμμετοχικού σχεδιασμού του δήμου (Sense.City) ήταν γνωστή σε λιγότερο από τους μισούς ερωτηθέντες, με τη συντριπτική πλειονότητα να δηλώνει ότι σπάνια ή ποτέ δεν την έχει χρησιμοποιήσει (Emmanouil et al., 2025). Οι συνεντεύξεις με στελέχη της δημοτικής υπηρεσίας ανέδειξαν επιπρόσθετα εμπόδια κοινά με άλλες ελληνικές πόλεις: γραφειοκρατία, επικαλυπτόμενες αρμοδιότητες μεταξύ περιφερειακού, υπουργικού και εθνικού επιπέδου, παλαιές υποδομές, έλλειψη χρηματοδότησης, χαμηλή συμμετοχή και ενημέρωση του κοινού.

Ως συστάσεις πολιτικής, οι συγγραφείς προτείνουν, μεταξύ άλλων, την άμεση εφαρμογή του συστήματος «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ) βάσει του Ν. 4819/2021, εντατική προώθηση της οικιακής κομποστοποίησης με διανομή κομποστοποιητών, δημιουργία Πράσινων Σημείων, αναθεώρηση του τοπικού σχεδίου διαχείρισης ώστε να περιλαμβάνει μετρήσιμους δείκτες απόδοσης, ριζική αναδιάρθρωση του συστήματος συλλογής ΑΗΗΕ και επέκταση της χρήσης ψηφιακών εργαλείων συμμετοχικής διακυβέρνησης.

Πίνακας 14. Δείκτες κυκλικής οικονομίας Κ.Ο. στη διαχείριση ΑΣΑ: Πάτρα, Ελλάδα, ΕΕ

Δείκτης	Μονάδα	Έτος	Πάτρα	Ελλάδα	ΕΕ
Παραγωγή αποβλήτων	kg/κάτοικο/έτος	2017	443	504	500
		2018	458	515	500
		2019	478	524	505
		2020	467	499	520
Συνολική ανακύκλωση	% w/w	2017	9,4	18,9	46,3
		2018	10,6	20,1	46,4
		2019	11,2	21,0	47,2
		2020	11,6	18,1	48,7
Παραγωγή τροφικών αποβλήτων	kg/κάτοικο/έτος	2019	166	191	128
Ανακύκλωση/κομποστοποίηση τροφικών αποβλήτων	% w/w	2019	0	11,5	34
Ανακύκλωση γυάλινης συσκευασίας	% w/w	2019	39,8	29,9	75,6
Ανακύκλωση χάρτινης συσκευασίας	% w/w	2019	24,2	84,6	82,1
Ανακύκλωση ΑΗΗΕ	kg/κάτοικο/έτος	2020	0,06	5,98	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Γενικά Συμπεράσματα

Η συγκριτική εξέταση των οκτώ μελετών περίπτωσης σε Κατμαντού, Πάτρα, Devon, Πάρμα, The Waste Transformers, Brescia, Νότια Κορέα και Νέα Υόρκη, αναδεικνύει ότι η μετάβαση σε ένα κυκλικό μοντέλο διαχείρισης ΑΣΑ δεν εξαρτάται από μία και μόνη τεχνολογική ή θεσμική παρέμβαση, αλλά από τον συνδυασμό αλληλοενισχυόμενων παραγόντων, οι οποίοι επαναλαμβάνονται με αξιοσημείωτη συνέπεια σε διαφορετικά γεωγραφικά και αναπτυξιακά πλαίσια.

Πρώτον, η διαλογή στην πηγή μέσω συστήματος πόρτα-πόρτα αναδεικνύεται ως ο πλέον κρίσιμος μεμονωμένος παράγοντας επιτυχίας. Η Πάρμα και η Brescia τεκμηριώνουν εμπειρικά ότι η συλλογή μέσω κάδων δρόμου φτάνει σε ένα ανώτατο όριο απόδοσης (περίπου 40–50%) πέραν του οποίου δεν βελτιώνεται, ενώ η μετάβαση σε εξατομικευμένη συλλογή πόρτα-πόρτα οδηγεί σε άλματα απόδοσης (η Πάρμα από 45% σε άνω του 80%). Αντίστροφα, η περίπτωση της Πάτρας, όπου η διαλογή στην πηγή παραμένει ουσιαστικά ανύπαρκτη, συνδέεται άμεσα με τα χαμηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης του δείγματος.

Δεύτερον, τα οικονομικά κίνητρα λειτουργούν ως καταλύτης συμπεριφοράς όταν συνδυάζονται με κατάλληλη υποδομή. Το «Πληρώνω Όσο Πετάω» στην Πάρμα και ο κορεατικός φόρος αποτέφρωσης συνδεδεμένος με την ενεργειακή απόδοση δείχνουν ότι η μετάθεση του κόστους στον παραγωγό αποβλήτου, ή η ανταμοιβή της τεχνικής απόδοσης, μεταφράζεται σε μετρήσιμη αλλαγή πρακτικής. Αντίθετα, η Νέα Υόρκη αποδεικνύει ότι ένα θεσμικά υποχρεωτικό πρόγραμμα χωρίς ισχυρό οικονομικό ή κοινωνικό κίνητρο μπορεί να παραμείνει ανεφάρμοστο στην πράξη (συμμετοχή <5% παρά την υποχρεωτικότητα), κυρίως όταν απουσιάζει παράλληλη επένδυση σε εκπαίδευση και υποδομή.

Τρίτον, η ενεργειακή αξιοποίηση (WtE) αναδεικνύεται ως συμπληρωματικό και όχι ανταγωνιστικό εργαλείο προς την ανακύκλωση, εφόσον εφαρμόζεται μετά την εξάντληση των δυνατοτήτων διαλογής. Η Brescia και η Νότια Κορέα δείχνουν ότι η αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας λειτουργεί αποτελεσματικά ως «δίκτυ ασφαλείας» για το μη ανακτήσιμο υπόλειμμα, μειώνοντας δραστικά τον όγκο ταφής (έως 96,5% στην κορεατική περίπτωση) χωρίς να υποκαθιστά τη διαλογή στην πηγή μοντέλο αντίθετο από τη λογική επένδυσης σε αποτέφρωση ως πρώτη επιλογή, η οποία προκάλεσε την κοινωνική αντίδραση στην Πάρμα.

Τέταρτον, η αποκέντρωση της επεξεργασίας, όπως στην περίπτωση της The Waste Transformers, αναδεικνύει μια εναλλακτική λογική: αντί για συγκεντρωτικά συστήματα, η επιτόπια αξιοποίηση οργανικών αποβλήτων κλείνει τον βρόχο υλικών σε τοπική κλίμακα, μειώνοντας το αποτύπωμα μεταφοράς και επιτρέποντας εφαρμογή τόσο σε ανεπτυγμένες όσο και σε αναπτυσσόμενες οικονομίες.

Πέμπτον, η θεσμική σταθερότητα και η ανοδική κλιμάκωση της πολιτικής είναι απαραίτητες για τη διατήρηση των αποτελεσμάτων: η Πάρμα και η Νότια Κορέα δείχνουν ότι μια επιτυχημένη τοπική πρακτική, όταν ενσωματωθεί σε ευρύτερο θεσμικό πλαίσιο (περιφερειακή νομοθεσία, εθνικός νόμος-πλαίσιο), όχι μόνο διατηρείται αλλά συνεχίζει να βελτιώνεται μακροπρόθεσμα. Αντίθετα, το Devon καταδεικνύει ότι η κατακερματισμένη τοπική διακυβέρνηση χωρίς ενιαία εθνική πολιτική οδηγεί σε σημαντικές αποκλίσεις επιδόσεων μεταξύ γειτονικών περιοχών, ακόμη και σε ανεπτυγμένο πλαίσιο.

Τέλος, η κοινωνική αποδοχή και συμμετοχή αναδεικνύεται ως προαπαιτούμενο και όχι ως αποτέλεσμα της μετάβασης: στην Πάρμα η αλλαγή πολιτικής προήλθε από κοινωνική κινητοποίηση, ενώ στο Κατμαντού η κυκλικότητα αναπτύχθηκε «από τα κάτω» μέσω μικρής κλίμακας επιχειρηματικότητας εν απουσία θεσμικής στήριξης. Η ασυμφωνία μεταξύ θετικής στάσης και πρακτικής εφαρμογής, όπως καταγράφεται στην έρευνα κοινής γνώμης της Πάτρας, επιβεβαιώνει ότι η γνώση και η θετική διάθεση δεν μετουσιώνονται αυτόματα σε αλλαγή συμπεριφοράς χωρίς κατάλληλη υποδομή και κίνητρα.

Συνολικά, οι μελέτες περίπτωσης συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι η επιτυχής μετάβαση σε κυκλική διαχείριση αστικών αποβλήτων προϋποθέτει ταυτόχρονη παρέμβαση σε τρία επίπεδα, υποδομή συλλογής, οικονομικά κίνητρα και θεσμικό πλαίσιο, με την κοινωνική συμμετοχή να λειτουργεί ως συνεκτικός ιστός. Για την ελληνική πραγματικότητα, όπως αποτυπώνεται στην περίπτωση της Πάτρας, η απουσία έστω ενός εκ των τριών αυτών πυλώνων φαίνεται να εξηγεί σε μεγάλο βαθμό την υστέρηση σε σχέση με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, καθιστώντας τις παρακάτω κατευθύνσεις πολιτικής ιδιαίτερα κρίσιμες για τη χώρα.

Συμπερασματικά, οι συνεχείς προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μετάβαση σε ένα κυκλικό μοντέλο οικονομίας, όπως αποτυπώνονται στην Οδηγία-Πλαίσιο 2008/98/EK και στα διαδοχικά Σχέδια Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, συνιστούν το θεσμικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο οικοδομούνται οι επιμέρους εθνικές και τοπικές πρωτοβουλίες που εξετάστηκαν στις παραπάνω μελέτες περίπτωσης.

4.2 Προοπτικές: Η Ελλάδα στο μέλλον της κυκλικής οικονομίας

Η ελληνική περίπτωση, όπως αναδείχθηκε μέσα από τη μελέτη περίπτωσης της Πάτρας, βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο μετάβασης, με χαρακτηριστικά που θυμίζουν περισσότερο το Devon παρά την Πάρμα ή τη Νότια Κορέα: ύπαρξη θεσμικού πλαισίου σε έγγραφα, αλλά περιορισμένη υλοποίηση στην πράξη. Το ισχύον Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (2020–2030) και ιδίως ο Ν. 4819/2021 έθεσαν το θεσμικό υπόβαθρο για τη μετάβαση, εισάγοντας το σύστημα “Πληρώνω Όσο Πετάω”, τη χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών και τα Πράσινα Σημεία, εργαλεία δηλαδή αντίστοιχα με εκείνα που αποδείχθηκαν καθοριστικά στην Πάρμα και τη Νότια Κορέα. Ωστόσο, όπως επισημαίνει και η βιβλιογραφία, οι στόχοι αυτοί κρίνονται «υπερβολικά φιλόδοξοι» σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση της χώρας, η οποία εξακολουθεί να στηρίζεται σε ταφή για τη συντριπτική πλειονότητα των αποβλήτων της, με σχεδόν ανύπαρκτη ενεργειακή αξιοποίηση πλην ειδικών ρευμάτων (π.χ. νοσοκομειακά απόβλητα).

Με βάση τα ευρήματα των μελετών περίπτωσης που εξετάστηκαν, τρεις κατευθύνσεις αναδεικνύονται ως κρίσιμες για το μέλλον της χώρας:

Πρώτον, η ταχεία και ουσιαστική –όχι μόνο θεσμική– εφαρμογή του ΠΟΠ και της χωριστής συλλογής πόρτα-πόρτα, δεδομένου ότι η εμπειρία της Πάρμας και της Brescia δείχνει πως μόνο η μετάβαση από κάδους δρόμου σε εξατομικευμένη συλλογή μπορεί να ξεπεράσει το «ταβάνι» απόδοσης γύρω στο 40–50% στο οποίο φαίνεται να έχει προσκολληθεί και η ελληνική πραγματικότητα.

Δεύτερον, η ανάπτυξη υποδομών κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης βιοαποβλήτων, τομέας όπου η χώρα εμφανίζει σχεδόν μηδενική επίδοση (όπως καταδεικνύει η μηδενική κομποστοποίηση στην Πάτρα), σε αντίθεση με μοντέλα αποκεντρωμένης αξιοποίησης όπως αυτό της The Waste Transformers, τα οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και σε ελληνικό αστικό περιβάλλον (π.χ. σε αγορές, εστίαση, αθλητικές εγκαταστάσεις).

Τρίτον, η θεσμική ενσωμάτωση της άτυπης ανακύκλωσης, φαινόμενο κοινό στην ελληνική περίπτωση, υποδεικνύει ότι η επίσημη αναγνώριση και ένταξη αυτών των πρακτικών στο θεσμικό σύστημα αποτελεί προϋπόθεση και όχι πάρεργο της μετάβασης.

Η επιτυχία της κυκλικής οικονομίας στην Ελλάδα θα κριθεί, τελικά, όχι από την ύπαρξη νομοθεσίας, η οποία σε μεγάλο βαθμό υπάρχει ήδη, αλλά από τη μεταφορά της σε συγκεκριμένη τοπική υλοποίηση, κατά το πρότυπο της Πάρμας, όπου η πίεση της κοινωνίας λειτούργησε ως καταλύτης θεσμικής αλλαγής, και της Νότιας Κορέας, όπου η

σταδιακή αλλά σταθερή πολιτική δέσμευση σε βάθος 25ετίας απέδωσε πλήρη αντιστροφή του μοντέλου διαχείρισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Adami, L., & Schiavon, M. (2021). From circular economy to circular ecology: A review on the solution of environmental problems through circular waste management approaches. *Sustainability*, 13(2), 925. <https://doi.org/10.3390/su13020925>
- Barua, S. (2026). Circular economy of source-separated organic waste in New York City. *International Journal of Science and Technology* <https://doi.org/10.56127/ijst.v5i1.2618>
- Bertanza, G., Mazzotti, S., Gomez, F. H., Nenci, M., Vaccari, M., & Zetera, S. F. (2021). Implementation of circular economy in the management of municipal solid waste in an Italian medium-sized city: A 30-years lasting history. *Waste Management*, 126, 821–831. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.017>
- Boikou, K., Chroni, C., Lasaridi, K., & Abeliotis, K. (2019). Food waste volume and composition in households in Greece. *Global NEST Journal*, 21(3), 399–404. <https://doi.org/10.30955/gnj.003144>
- Brunner, P. H., & Morf, L. S. (2024). Waste to energy, indispensable cornerstone for circular economy: A mini-review. *Waste Management & Research*, 43(1). <https://doi.org/10.1177/0734242x241227376>
- Gajera, R., Henrysson, M., & Khatiwada, D. (2026). Circular economy for municipal solid waste: A systematic review on resource management, recycling, and recovery.

Waste Management Bulletin, Article 100333.

<https://doi.org/10.1016/j.wmb.2026.100333>

Habib, K., Chehab, L. L., & Damgaard, A. (2026). Life cycle assessment of municipal solid waste management in the Region of Waterloo, Canada. *Waste Management*, 222, Article 115627. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2026.115627>

Ijimdiya, S. J., Kumarasamy, M. V., Adu, J. T., & Pandi, D. (2026). Role of the circular economy framework for sustainable waste management and climate change mitigation. *Sustainability*, 18(4), 1946. <https://doi.org/10.3390/su18041946>

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Krishna, V. (2024). Characterization and compositional analysis of municipal solid waste in developing and developed world—An insight. In P. Singh & A. Kumar (Eds.), *Solid waste management for resource-efficient systems* (pp. 3–27). <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23775-1.00001-5>

Kwon, Y., Lee, S., Bae, J., Park, S., Moon, H., Lee, T., Kim, K., Kang, J., & Jeon, T. (2024). Evaluation of Incinerator Performance and Policy Framework for Effective Waste Management and Energy Recovery: A Case Study of South Korea. *Sustainability*, 16(1), 448. <https://doi.org/10.3390/su16010448>

Loizidou, M., Moustakas, K., Rehan, M., Nizami, A.-S., & Tabatabaei, M. (2021). New developments in sustainable waste-to-energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, Article 111581. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111581>

- Moustakas, K., & Loizidou, M. (2025). Sustainable waste management and valorization within the circular economy era. *Environmental Science and Pollution Research*, 32, 27559–27560. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-37123-7>
- Nandhini, R., Berslin, D., Sivaprakash, B., Rajamohan, N., & Vo, D.-V. N. (2022). Thermochemical conversion of municipal solid waste into energy and hydrogen: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(3), 1645–1669. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01410-3>
- Rashad, M. A., et al. (2025). Transforming municipal solid waste management: Current status of segregation challenges, waste-to-energy technologies, and circular economy strategies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.06.009>
- Rostocki, A., Unyay, H., Ławińska, K., & Obraniak, A. (2022). Granulates based on bio and industrial waste and biochar in a sustainable economy. *Energies*, 16(1), 56. <https://doi.org/10.3390/en16010056>
- Emmanouil C, Roumeliotis, D., Kostas, A., & Vagiona, D. G. (2025). Assessment of circular economy implementation in municipal waste management through performance indicators and citizens' opinion in a city in Western Greece. *Sustainability*, 17(5), Article 2265. <https://doi.org/10.3390/su17052265>
- Sanjaya, E., & Abbas, A. (2023). Plasma gasification as an alternative energy-from-waste (EFW) technology for the circular economy: An environmental review. *Resources, Conservation and Recycling*, 189, Article 106730. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106730>

- Shrestha, Z. (2018). *The integration of circular economy into the municipal solid waste management of Kathmandu Metropolitan City in Nepal: Present sector challenges & opportunities for waste material (re)utilization* [Master's thesis, University of Twente]. University of Twente Essay Repository. <https://essay.utwente.nl/77393/>
- Sigala, E. G., Chroni, C., Boikou, K., Abeliotis, K., Panagiotakos, D., & Lasaridi, K. (2024). Quantification of household food waste in Greece to establish the 2021 national baseline and methodological implications. *Waste Management*, 190, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.09.012>
- Stanners, D. A., et al. (1995). *Europe's environment: The Dobris assessment; The report on the state of the pan-European environment requested by the environment ministers for the whole of Europe at the ministerial conference held at Dobris Castle, Czechoslovakia, June 1991*. Office for Official Publications of the European Communities.
- Teng, F., Wang, Z., Ren, K., Liu, S., & Ding, H. (2024). Analysis of composition characteristics and treatment techniques of municipal solid waste incineration fly ash in China. *Journal of Environmental Management*, 357, Article 120783. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120783>
- Thornton, P., & Kulatunga, A. K. (2026). Municipal waste management in a circular economy. In H. Kohl, G. Seliger, F. Dietrich, & G. Campana (Eds.), *Safe and sustainable value creation by design* (pp. 451–458). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-032-21154-5_49
- Yılmaz Balaman, Ş., Wright, D. G., Scott, J., & Matopoulos, A. (2018). Network design and technology management for waste to energy production: An integrated

optimization framework under the principles of circular economy. *Energy*, 143, 911–933. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.058>

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Σαββίδης, Σ. Γ. (2007). *Εμπλουτισμός στερεών αποβλήτων, τεχνολογίες ανακύκλωσης*.

Εκδότης S.G.S

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020a, 6 Αυγούστου). *Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020-2030: Κείμενο δημόσιας ηλεκτρονικής διαβούλευσης*. OpenGov. <https://ypen.gov.gr/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020b). *LIFE-IP CEI-Greece «Εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας στην Ελλάδα»*. <https://ypen.gov.gr/life-ip-cei-greece-efarmogi-tis-kyklikis-oikonomias-stin-ellada/>

Ιστοσελίδες

Circular Cities and Regions Initiative. (2018). *Waste Framework Directive (WFD) - Directive (EU) 2018/851*. European Commission. <https://circular-cities-and-regions.ec.europa.eu/support-materials/eu-regulations-legislation/waste-framework-directive-wfd-directive-eu-2018851-0>

Circular Greece. (n.d.). *Στοιχεία και δεδομένα για την Κυκλική Οικονομία στην Ελλάδα*. LIFE-IP CEI-Greece. <https://circulargreece.gr/el/stoixeia/>

Comune di Parma. (2025, July). *Piano per la gestione sostenibile dei rifiuti: 8 aree strategiche di intervento*. <https://www.comune.parma.it/it/novita/notizie/piano-per-la-gestione-sostenibile-dei-rifiuti-8-aree-strategiche-di-intervento>

Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Butterfly diagram*.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ELSTAT). (2021). *Στατιστικές*.
<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SOP06/->

European Circular Economy Stakeholder Platform. (n.d.). *The Waste Transformers: Turning food waste into valuable resources on-site*.
<https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/waste-transformers-turning-food-waste-valuable-resources-site>

European Circular Economy Stakeholder Platform. (2026). *Good practices*.
<https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices?combine=&country%5B%5D=SI>

European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency. (n.d.). *Food for Feed: An innovative process for transforming hotels food wastes into animal feed* (LIFE15 ENV/GR/000257). LIFE Public Database.
<https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE15-ENV-GR-000257/food-for-feed-an-innovative-process-for-transforming-hotels-food-wastes-into-animal-feed>

European Commission. (2025). *Circular economy*. Environment.
https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en

European Commission. (2025, July 2). *Commission adopts key legal act to digitalise EU waste shipments*. Environment.
https://environment.ec.europa.eu/news/commission-adopts-key-legal-act-digitalise-eu-waste-shipments-2025-07-02_en

European Commission. (2025, November 25). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Commission Work Programme 2026* (COM (2025) 805 final). EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:52025DC0805>

European Commission. (2026, April 30). *Commission holds high-level talks on Circular Economy Act*. Environment. https://environment.ec.europa.eu/news/commission-holds-high-level-talks-circular-economy-act-2026-04-30_en

European Commission. (2026, April 30). *Contributing to the Circular Economy Act*. Environment. https://environment.ec.europa.eu/events/contributing-circular-economy-act-2026-04-30_en

European Environment Agency. (1999). *Waste generation and management*. Στο *Environment in the European Union at the turn of the century* (Environmental Assessment Report No. 2). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/92-9157-202-0/page307.html>

European Environment Agency. (2025, March 20). *Municipal waste generation*. https://www.eea.europa.eu/en/circularity/sectoral-modules/waste_prevention/municipal-waste-generation

Eurostat. (2024, February 8). *Municipal waste down by 19 kg per person in 2022*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240208-2>

EUR-Lex. (2023, 28 Ιουλίου). *Κανονισμός (ΕΕ) 2023/1542 για τις μπαταρίες και τα απόβλητα μπαταριών*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>

EUR-Lex. (2024a, 6 Μαρτίου). Οδηγία (ΕΕ) 2024/825 για την ενδυνάμωση των καταναλωτών για την πράσινη μετάβαση. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/825/oj/eng>

EUR-Lex. (2024b, 30 Απριλίου). Κανονισμός (ΕΕ) 2024/1157 για τις μεταφορές αποβλήτων. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1157/oj/eng>

EUR-Lex. (2024c, 10 Ιουλίου). Οδηγία (ΕΕ) 2024/1799 για την προώθηση της επισκευής αγαθών. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024L1799>

EUR-Lex. (2024d, 15 Ιουλίου). Οδηγία (ΕΕ) 2024/1785 για τις βιομηχανικές εκπομπές και την υγειονομική ταφή αποβλήτων. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32024L1785>

EUR-Lex. (2025, 22 Ιανουαρίου). Κανονισμός (ΕΕ) 2025/40 για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/40/oj/eng>

Hellenic Recycling Agency. (n.d.). <https://eoan.gr/>

Regione Emilia-Romagna. (2025, July). *Ambiente, continua a crescere in Emilia-Romagna la raccolta differenziata dei rifiuti: Raggiunto il 79% nel 2024, l'1,8% in più rispetto al 2023.* <https://www.regione.emilia-romagna.it/notizie/2025/luglio/ambiente-continua-a-crescere-in-emilia-romagna-la-raccolta-differenziata-dei-rifiuti-raggiunto-il-79-nel-2024-11-8-in-piu-rispetto-al-2023>

The Waste Transformers. (n.d.-a). *The Iconic stadium, Johan Cruijff ArenA Amsterdam.*

<https://thewastetransformers.com/success-stories/the-iconic-stadium-johan-cruijff-arena-amsterdam/>

The Waste Transformers. (n.d.-b). *Solve your food waste problem with an on-site Waste Transformer biodigester.* <https://thewastetransformers.com/>

The Waste Transformers Manufacturing B.V. (n.d.). *The Waste Transformers secure €1.2 million to tackle global food waste crisis and drive green growth in IJmond.*

<https://thewastetransformers.com/news/the-waste-transformers-secure-a12-million-to-tackle-global-food-waste-crisis-and-drive-green-growth-in-ijmond/>

Trinomics. (2018). *The effect of the circular economy on the labour market in Europe.*

<https://trinomics.eu/project/the-effect-of-the-circular-economy-on-employment-in-europe/>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.