



**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα: *«Εφαρμογή των Αρχών της Κυκλικής Οικονομίας στη
Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων :Έμφαση στην
αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος»***

«ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ»

A.M. : 150260

Επιβλέπων καθηγητής: «Βάϊος Καραγιάννης»

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή/της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο/η 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/της 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/της συγγραφέα/δημιουργού. Ο/Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«Εφαρμογή των Αρχών της Κυκλικής Οικονομίας στη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων :Έμφαση στην αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος»

«Νικολέττα Πολυχρονοπούλου»

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής: «Καραγιάννης Βάιος»

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής: «Κομνίτσας Κωνσταντίνος»

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Ευχαριστίες – Αφιέρωση

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έφτασε στο τέλος ένα απαιτητικό αλλά ιδιαίτερα σημαντικό ταξίδι. Ένα ταξίδι που δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την πολύτιμη στήριξη ανθρώπων που στάθηκαν δίπλα μου με αγάπη, υπομονή και πίστη στις δυνατότητές μου.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους τους καθηγητές μου, και ιδιαίτερα στους κ. Βάιο Καραγιάννη και Κωνσταντίνο Κομνίτσα, για την καθοδήγηση, τις γνώσεις και τη συνεχή υποστήριξή τους. Η συμβολή τους υπήρξε καθοριστική για την ακαδημαϊκή και προσωπική μου εξέλιξη.

Ένα ξεχωριστό, βαθύ και μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου Δήμητρα Ζορμπάνου και Χρήστο Πολυχρονόπουλο που πίστεψαν σε εμένα ακόμη και όταν εγώ αμφέβαλλα για τον εαυτό μου. Στην αγαπημένη μου αδελφή Ιωάννα Πολυχρονοπούλου και στον γαμπρό μου Γιώργο Αθανασούλη για την αδιάκοπη ενθάρρυνση, τη συμπαράσταση και τη βοήθειά τους σε κάθε δύσκολη στιγμή αυτής της προσπάθειας.

Να ευχαριστήσω επίσης την Ασπασία Νικολοπούλου, τον Χρήστο Νικολόπουλο, την Φωτεινή Σταμούλια και ιδιαίτερα την κα Παναγιώτα Μπιλήρη για τη στήριξη και τη βοήθεια όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θέλω να αφιερώσω λίγες ιδιαίτερες λέξεις στον σύζυγό μου και στα παιδιά μου. Στον σύζυγό μου, που στάθηκε δίπλα μου σε κάθε βήμα αυτής της διαδρομής, με υπομονή, αγάπη και αμέριστη εμπιστοσύνη. Ήταν ο άνθρωπος που με ενθάρρυνε να συνεχίσω όταν οι υποχρεώσεις και η κούραση έμοιαζαν ανυπέρβλητες.

Και στα παιδιά μου, που με τον δικό τους μοναδικό τρόπο αποτέλεσαν τη μεγαλύτερη πηγή δύναμης και έμπνευσης. Σας ευχαριστώ για τις ώρες που στερηθήκατε τη μαμά σας, για τις στιγμές που περιμένατε λίγο παραπάνω την αγκαλιά, το παιχνίδι ή την παρέα μου, ώστε να μπορέσω να ολοκληρώσω αυτό το όνειρο. Η υπομονή και η αγάπη σας ήταν το μεγαλύτερο δώρο και η μεγαλύτερη κινητήριος δύναμή μου.

Αυτή η επιτυχία δεν ανήκει μόνο σε εμένα. Ανήκει σε όλους εσάς που με στηρίζατε, με πιστέψατε και πορευτήκατε μαζί μου σε αυτό το ταξίδι.

Αφιερώνω την παρούσα διπλωματική εργασία στα παιδιά μου και εύχομαι αυτή η προσπάθεια να τους διδάξει πως με επιμονή, υπομονή και πίστη στα όνειρά μας μπορούμε να πετύχουμε όσα πραγματικά επιθυμούμε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη μετάβαση από το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο διαχείρισης αποβλήτων στις αρχές της κυκλικής οικονομίας, εστιάζοντας στην αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (OFMSW) ως πολύτιμου πόρου υψηλής προστιθέμενης αξίας. Μέσα από την ανασκόπηση του ευρωπαϊκού και εθνικού θεσμικού πλαισίου, αναδεικνύονται οι αυστηροί στόχοι εκτροπής από την ταφή και οι σύγχρονες τεχνολογίες βιοδιύλισης, κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης. Εφαρμόζοντας τα δεδομένα αυτά στη μελέτη περίπτωσης του Δήμου Πατρέων και Χανίων, η ποσοτική ανάλυση τεκμηριώνει ότι ο στρατηγικός στόχος για τη χωριστή συλλογή και εκτροπή βιοαποβλήτων ετησίως είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτός. Η επιτυχία του εγχειρήματος βασίζεται στην πλήρη ανάπτυξη του δικτύου καφέ κάδων, στην ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών στα logistics της αποκομιδής και στην ενεργό ευαισθητοποίηση των πολιτών, προσφέροντας ένα βιώσιμο αναπτυξιακό πρότυπο που περιορίζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και ενισχύει την τοπική κυκλική βιοοικονομία.

Λέξεις κλειδιά: Κυκλική οικονομία, Αστικά στερεά απόβλητα, Οργανικό κλάσμα αποβλήτων, Βιοαπόβλητα, Διαχείριση αποβλήτων

ABSTRACT

The present study examines the transition from the traditional linear model of waste management to the principles of the circular economy, focusing on the valorization of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste (OFMSW) as a valuable resource of high added value. Through a comprehensive review of the European and national institutional frameworks, the stringent targets for landfill diversion are highlighted alongside modern technologies such as biorefinery, composting, and anaerobic digestion. Applying these data to the case study of the Municipality of Patras and Chanion, the quantitative analysis demonstrates that the strategic goal for the separate collection and diversion of biowaste annually is technically and economically feasible. The success of this venture relies on the full deployment of the brown bin network, the integration of digital technologies into collection logistics, and the active environmental awareness of citizens, thereby offering a sustainable developmental model that minimizes the environmental footprint and strengthens the local circular bioeconomy.

Keywords: Circular economy, Municipal solid waste, Organic fraction of waste, Biowaste, Waste management

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	10
1.1. Ορισμός και Βασικές αρχές της Κυκλικής Οικονομίας.....	10
1.2. Ευρωπαϊκές πολιτικές και στρατηγικές.....	12
1.3. Εθνικό Θεσμικό Πλαίσιο	15
1.4. Ρόλος των ΟΤΑ και των ΦΟΔΣΑ στη διαχείριση ΑΣΑ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	22
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΑΣΑ).....	22
2.1. Ορισμός και σύνθεση ΑΣΑ.....	22
2.2. Ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων.....	23
2.3. Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα.....	25
2.4. Προβλήματα και προκλήσεις.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	37
ΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ ΤΩΝ ΑΣΑ.....	37
3.1. Σύνθεση, χαρακτηριστικά και παραγωγή οργανικού κλάσματος.....	37
3.2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την μη αξιοποίησή του	43
3.3. Τεχνικές και τεχνολογίες αξιοποίησης.....	44
3.4. Νέες τάσης αξιοποίησης OFMSW στην κυκλική οικονομία.....	49
3.4.1 Βιοπλαστικά.....	49
3.4.2 Παραγωγή βιοεντομοκτόνων από το OFMSW.....	49
3.4.3. Παραγωγή ενζύμων	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	52
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΣΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ.....	52
4.1. Οργανικά απόβλητα ως πόρος – «Απόβλητο σε αξία»	52
4.2. Παραδείγματα κυκλικών εφαρμογών στην ΕΕ	52
4.3. Προβλήματα εφαρμογής στην Ελλάδα.....	56
4.4. Δυνατότητες και προοπτικές.....	59
4.5. Πολιτικές προτάσεις.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	63

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ - ΔΗΜΟΣ ΠΑΤΡΩΝ	63
5.1. Περιγραφή της περιοχής μελέτης	63
5.2. Υφιστάμενη Κατάσταση	64
5.3. Προτεινόμενο μοντέλο αξιοποίησης οργανικού κλάσματος	71
5.4. Ποσοτική ανάλυση	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	77
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ - ΔΗΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	77
6.1. Περιγραφή της περιοχής μελέτης	77
6.2. Υφιστάμενη Κατάσταση	79
6.3 Προτεινόμενο μοντέλο αξιοποίησης οργανικού κλάσματος	88
6.4 Ποσοτική ανάλυση του οργανικού κλάσματος	89
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	92
7.1. Βασικά συμπεράσματα	92
7.2. Προτάσεις για πολιτικές και τεχνικά μέτρα	93
7.3. Προοπτικές για μελλοντική έρευνα	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

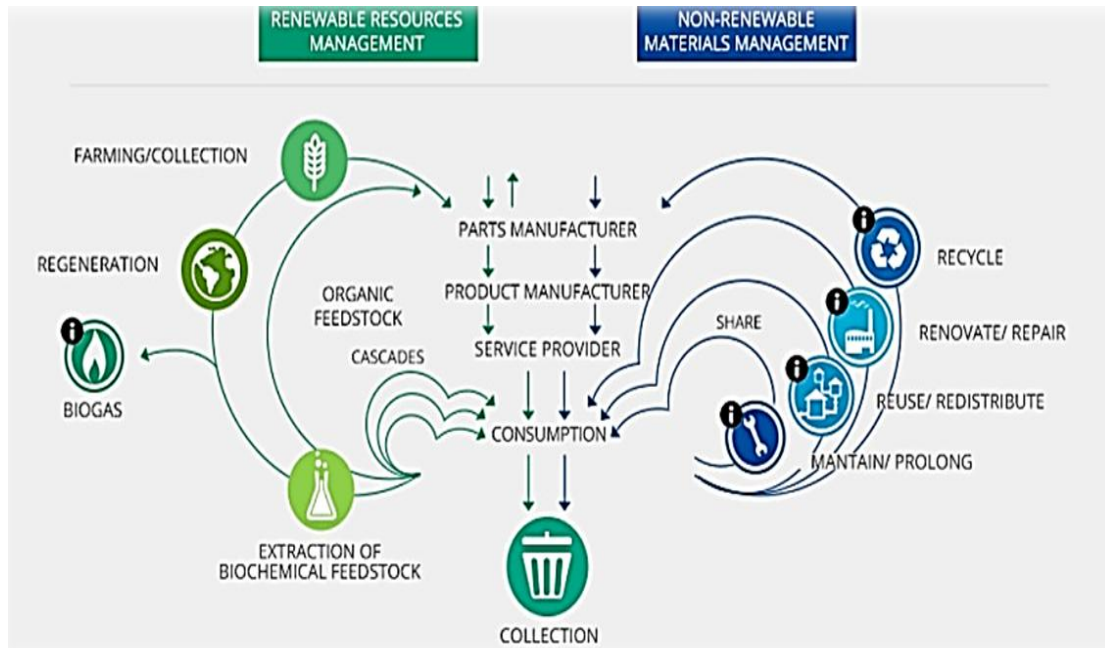
ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.1. Ορισμός και Βασικές αρχές της Κυκλικής Οικονομίας

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας δεν μπορεί να χρονολογηθεί με ακρίβεια αλλά ούτε και να αποδοθεί σε έναν συγκεκριμένο επιστήμονα. Ωστόσο, θεωρείται πως ο Αμερικανός Kenneth E. Boulding εισήγαγε τον όρο της κυκλικότητας. Στο δοκίμιό του «The economics of the coming Spaceship Earth» αναφέρει ότι η γη είναι ένα κλειστό σύστημα χωρίς απεριόριστες δεξαμενές, με αποτέλεσμα ο άνθρωπος να πρέπει να βρει τη θέση του σε ένα κυκλικό οικολογικό σύστημα το οποίο είναι ικανό για μία συνεχή αναπαραγωγή υλικών (Bugaian, and Diaconu, 2020). Λίγο αργότερα, τη δεκαετία του 1970, η ιδέα της κυκλικής οικονομίας επισημάνθηκε από τους Lyle και Stahel, όπου υποστήριζαν ότι οι παραδοσιακές παραγωγικές διαδικασίες που ακολουθούν τη γραμμική οικονομία δεν είναι βιώσιμες. Στη Διάσκεψη για το Περιβάλλον που πραγματοποιήθηκε στη Στοκχόλμη το 1972 τέθηκε για πρώτη φορά σοβαρά το ζήτημα της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και της βιωσιμότητας ως βασικό χαρακτηριστικό της κυκλικής οικονομίας (Kiss., 2007). Το 1974 ο Lester Brown, ιδρυτής και πρόεδρος του Ινστιτούτου Πολιτικής για τη Γη δημιούργησε το Ινστιτούτο Παγκόσμιας Παρακολούθησης, ο οποίος αποτελεί έναν παγκόσμιο οργανισμό σχεδιασμένο να επιταχύνει τη μετάβαση σε έναν βιώσιμο κόσμο, έχοντας ως αρχές τα 4Rs, δηλαδή Μείωση (reduce), Επισκευή (repair), Επαναχρησιμοποίηση (reuse) και Ανακύκλωση (recycle) (Bugaian, and Diaconu, 2020).

Το 1990 οι David Pearce και Kerry Turner στο βιβλίο τους «Economics of natural resources and the environment» εξηγούν τη σημασία της μετάβασης από το γραμμικό στο κυκλικό οικονομικό μοντέλο. Μάλιστα, θεωρούνται οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τον όρο της κυκλικής οικονομίας στην έρευνά τους. Η κυκλική οικονομία απέκτησε εφαρμόσιμη συνοχή το 2010, όταν ιδρύθηκε το ίδρυμα Ellen MacArthur έχοντας ως κύριο στόχο την γρήγορη μετάβαση στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας. Στην πρώτη τους έκθεση ορίζουν την κυκλική οικονομία ως «ένα βιομηχανικό σύστημα, το οποίο στοχεύει στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εξαλείφει τη χρήση τοξικών χημικών και επιδιώκει την εξάλειψη των αποβλήτων μέσω του ανώτερου σχεδιασμού υλικών, προϊόντων, συστημάτων και

επιχειρηματικών μοντέλων» (Ellen MacArthur Foundation, 2012). Ο ορισμός αυτός συμπληρώθηκε αργότερα ως «μια οικονομία που προσφέρει πολλαπλούς μηχανισμούς παραγωγής αξίας, οι οποίοι είναι αποσυνδεδεμένοι από την κατανάλωση περιορισμένων πόρων» (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Για καλύτερη κατανόηση του όρου της κυκλικής οικονομίας δημιουργήθηκε το διάγραμμα της πεταλούδας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1. 1.



Εικόνα 1.1: Το διάγραμμα της πεταλούδας σύμφωνα με το ίδρυμα Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Σε κυβερνητικό επίπεδο, ο περισσότερο συχνά αναφερόμενος ορισμός της κυκλικής οικονομίας είναι αυτός που διατυπώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αναφέρει πως «Στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, η αξία των προϊόντων και των υλικών διατηρείται για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τα απόβλητα και η χρήση των πόρων ελαχιστοποιούνται και όταν ένα προϊόν φτάνει στο τέλος του κύκλου ζωής του χρησιμοποιείται ξανά για τη δημιουργία περαιτέρω αξίας. Αυτό μπορεί να αποφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη, συμβάλλοντας στην καινοτομία, την ανάπτυξη και τη δημιουργία θέσεων εργασίας» (Ormazabal, et. al., 2016) .

Όσον αφορά τις αρχές της κυκλικής οικονομίας διατυπώνονται διαφορετικά σε πλήθος επιστημονικών ερευνών ανάλογα με τον τομέα ενδιαφέροντος, έχοντας τη βασική ιδέα παρόμοια. Αρκετοί ερευνητές, όπως οι Boulding (1966), Park et al. (2010), Andersen (2007), Preston (2012), Hollander et al. (2017) προσδιορίζουν 3

θεμελιώδεις αρχές της κυκλικής οικονομίας, ενώ άλλοι όπως οι Pearce και Turner (1990), Stahel (2013), το Ίδρυμα Ellen MacArthur (2013), οι Hopkinson και Spicer (2013) και ο Webster (2015) 4 ή περισσότερες αρχές.

Ο Boulding το 1966, αναφέρει πως οι αρχές της κυκλικής οικονομίας σχετίζονται με την οικονομική απόδοση και την ορθολογική συμπεριφορά απέναντι στο περιβάλλον και τη μείωση των αποβλήτων. Τόσο οι Huamao και Fengqi (2007) όσο και οι Yuan et al. (2006), συνόψισαν τις αρχές της κυκλικής οικονομίας στα «3R», δηλαδή Reduce-Reuse – Recycle (Tjahjono and Ripanti, 2019). Ο Stahel (2018) περιέγραψε το σύνολο των αρχών που διέπουν την κυκλική οικονομία όπως παρουσιάζονται παρακάτω :

1. Όσο μικρότερος είναι ο κύκλος (ως προς τη δραστηριότητα και γεωγραφικά)τόσο περισσότερο αποδοτικός είναι ως προς την χρήση των πόρων .
2. Οι βρόχοι του υλικού είναι κυκλικοί και συνεχείς οικονομικά καθώς επίσης τροφοδοτούν μια νέα παραγωγική διαδικασία, με ελαχιστοποίηση των πιθανών αποβλήτων .
3. Η αποτελεσματικότητα στη διαχείριση των αποθεμάτων στην κυκλική οικονομία σχετίζεται αντιστρόφως με την ταχύτητα ροής .
4. Η επέκταση της ιδιοκτησίας είναι μια οικονομικά αποδοτική στρατηγική
5. Απαίτηση καλής λειτουργίας της αγοράς μεταχειρισμένων.

1.2. Ευρωπαϊκές πολιτικές και στρατηγικές

Είναι γεγονός πως η μετατροπή της γραμμικής οικονομίας σε κυκλική αποτέλεσε έναν από τους σημαντικότερους στόχους της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής. Η ΕΕ σε παγκόσμιο επίπεδο έχει διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη θέσπιση νόμων και πρωτοβουλιών όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος . Η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική ξεκίνησε την περίοδο 1972–1977 με τη θέσπιση των πρώτων κοινοτικών οδηγιών. Η στρατηγική της ΕΕ για την προστασία του περιβάλλοντος υλοποιείται μέσα από τα επτά Προγράμματα Δράσης (ΠΑΔ), τα οποία καθορίζουν τις βασικές προτεραιότητες. Σημαντικό σταθμό σε αυτή την προσπάθεια αποτέλεσε η Οδηγία-Πλαίσιο 75/442/ΕΚ που αφορά τα αστικά στερεά απόβλητα

(ΑΣΑ). Ειδικότερα έγινε προσπάθεια να συνδεθεί η διαχείριση των απορριμμάτων με την οικονομική πρόοδο, επιβάλλοντας τον συντονισμό των κρατών-μελών, καθώς έως τότε οι διαδικασίες συλλογής, εναπόθεσης και επεξεργασίας παρουσίαζαν σημαντικά ελλείμματα ελέγχου. Από το 1975 έως το 1990, η ευρωπαϊκή νομοθεσία παρότρυνε τις χώρες να υιοθετήσουν το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, χωρίς όμως να έχει υποχρεωτικό χαρακτήρα. Συνεπώς, το κάθε κράτος ανέπτυξε το δικό του νομικό πλαίσιο για την επεξεργασία των αποβλήτων. Η θεσμική ενσωμάτωση της κυκλικής οικονομίας έγινε υποχρεωτική αρχικά με την Οδηγία 2008/98/EK, καθώς και μεταγενέστερα με τις Οδηγίες 2018/851 και 2018/852.

Το 2019, η ΕΕ παρουσίασε την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (Green Deal). Η Πράσινη Συμφωνία αποτελεί τον οδικό χάρτη της Ευρώπης, ο οποίος προβλέπει μια σειρά δράσεων με στόχο να καταστεί η ΕΕ κλιματικά ουδέτερη έως το 2050. Παράλληλα αναπτύσσει μια ανταγωνιστική οικονομία που βασίζεται στην αποδοτική χρήση των πόρων, και η οποία αναμενόταν να ολοκληρωθεί έως τον Μάιο του 2020. Επιπλέον, έως το 2025, η ΕΕ έχει θέσει ως στόχο η ανακύκλωση των αστικών αποβλήτων να είναι πάνω από το 55% και η ανακύκλωση των απορριμμάτων συσκευασίας άνω του 65% των παραγόμενων αποβλήτων. Τέλος, επιδιώκει τη μείωση του ποσοστού υγειονομικής ταφής σε λιγότερο από το 10% των παραγόμενων αποβλήτων (ΕΕ, 2019).

Το Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Στόχος του σχεδίου είναι η ενίσχυση της οικονομίας της ΕΕ, εντάσσοντάς την παράλληλα σε ένα «πράσινο μέλλον» και προστατεύοντας το περιβάλλον. Το σχέδιο επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και την παραγωγή με γνώμονα την κυκλική οικονομία, διασφαλίζοντας ότι οι πόροι διατηρούνται στον κλειστό βρόχο για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, προβλέπει δράσεις που θα μετασχηματίσουν τον τρόπο κατασκευής των προϊόντων και θα ενθαρρύνουν τους καταναλωτές να κάνουν βιώσιμες επιλογές, διευκολύνοντάς τους την πρόσβαση σε λεπτομερείς πληροφορίες για τα προϊόντα που αγοράζουν (ΕΕ, 2022).

Το 2020, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έφερε στο προσκήνιο ένα επικαιροποιημένο πλάνο. Οι κεντρικοί άξονες αυτής της προσπάθειας επικεντρώθηκαν στον οικολογικό σχεδιασμό των προϊόντων, στον περιορισμό των απορριμμάτων και στην προστασία

των καταναλωτών, εισάγοντας θεσμούς όπως το «δικαίωμα στην επισκευή». Το σχέδιο αυτό έβαλε στο μικροσκόπιο τις βιομηχανίες εκείνες που καταναλώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες υλικών. Σε αυτές περιλαμβάνονται τα ρούχα και τα υφάσματα, τα πλαστικά, οι κατασκευές, η αυτοκινητοβιομηχανία, οι συσκευασίες, τα είδη διατροφής και οι ηλεκτρονικές συσκευές (Κοτταρίδη, 2020). Στην Εικόνα 1.2 παρουσιάζονται οι τρεις στόχοι του σχεδίου της ΕΕ. Λίγο αργότερα, το 2021, ψηφίστηκε ένα νέο πλαίσιο, το οποίο αποτελεί συμπλήρωμα του παραπάνω σχεδίου δράσης. Με το ψήφισμα αυτό, ζητήθηκε η λήψη περισσότερο δραστικών μέτρων, ώστε η Ευρώπη να μετατραπεί έως το 2050 σε μια οικονομία πλήρως κυκλική, περιβαλλοντικά ασφαλή, ελεύθερη από τοξικές ουσίες και με μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα. Ανάμεσα στα μέτρα που συζητήθηκαν ήταν η εφαρμογή αυστηρότερων προδιαγραφών για την ανακύκλωση, καθώς και η θέσπιση υποχρεωτικών ποσοτικών στόχων για τον περιορισμό της κατανάλωσης υλικών με ορίζοντα το 2030 (Ecopreneur.eu, 2019).



Εικόνα 1.2. Οι στόχοι που θέτει η ΕΕ για την κυκλική οικονομία (Κοτταρίδη, 2020) .

Μέσα στο 2022, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε την πρώτη δέσμη μέτρων με σκοπό να επισπευστεί η μετάβαση στην κυκλική οικονομία. Οι πρωτοβουλίες αυτές εστίασαν στην ενθάρρυνση της παραγωγής προϊόντων περιβαλλοντικά φιλικών, στη στήριξη των καταναλωτών για την πράσινη μετάβαση, στην αλλαγή των κανόνων για

τα δομικά υλικά των κατασκευών, καθώς και σε ένα νέο πλάνο για τη βιώσιμη παραγωγή ρούχων και υφασμάτων.

Την ίδια χρονιά, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έφερε νέες ρυθμίσεις για τις συσκευασίες στις χώρες της ΕΕ. Στόχος ήταν να βελτιωθεί ο τρόπος σχεδίασης των κουτιών και των περιτυλιγμάτων, με στόχο τη διευκόλυνση της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσής τους. Προς το τέλος του 2022, ακολούθησαν νέα μέτρα που αφορούσαν την αυστηροποίηση των κανόνων για τις συσκευασίες σε όλη την Ευρώπη και τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού συστήματος πιστοποίησης με στόχο την απομάκρυνση του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.

Στις αρχές του 2023, οι προσπάθειες στράφηκαν στον έλεγχο των οικολογικών ισχυρισμών, δηλαδή των «πράσινων αξιώσεων» που χρησιμοποιούν οι εταιρείες για διαφήμιση, ώστε να αποφευχθεί η παραπλάνηση των καταναλωτών. Παράλληλα, θεσμοθετήθηκε η προστασία του «δικαιώματος στην επισκευή» των προϊόντων. Τον Ιούλιο του ίδιου έτους, η Επιτροπή εισηγήθηκε την αναθεώρηση της κεντρικής οδηγίας για τα απόβλητα, δίνοντας έμφαση στην ορθολογική διαχείριση των απορριμμάτων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και τροφίμων (IOBE, 2022).

Επιπλέον, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε αλλαγές στους κανόνες για τους έμμονους οργανικούς ρύπους (POP). Σκοπός αυτού του μέτρου ήταν να μειωθούν οι επικίνδυνες χημικές ουσίες κατά την παραγωγή των αγαθών αλλά και κατά την επεξεργασία των σκουπιδιών. Οι νέοι αυτοί κανονισμοί έβαλαν πολύ πιο αυστηρά όρια, εξασφαλίζοντας ότι αυτοί οι επικίνδυνοι ρύποι θα απομακρύνονται από τα υλικά που ανακυκλώνονται, ενώ παράλληλα απαγόρευσαν τελείως τη χρήση συγκεκριμένων χημικών. Τέλος, το 2024, εγκρίθηκε επίσημα το ευρωπαϊκό σύστημα πιστοποίησης για την απομάκρυνση του άνθρακα. Το σύστημα αυτό εγγυάται ότι οι διαδικασίες καθαρισμού της ατμόσφαιρας από τον άνθρακα μετρούνται με ακρίβεια και ότι οι ρύποι αυτοί θα παραμένουν αποθηκευμένοι με ασφάλεια για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.(IOBE, 2022)

1.3. Εθνικό Θεσμικό Πλαίσιο

Η υιοθέτηση των αρχών της κυκλικής οικονομίας στην Ελλάδα θεωρείται αναγκαία για την αναπτυξιακή της πορεία, καθώς η χώρα διαθέτει σημαντικά περιθώρια εφαρμογής. Αυτό οφείλεται κυρίως στους πλούσιους φυσικούς αλλά και στους

αναξιοποίητους δευτερογενείς πόρους, καθώς και στις δυνατότητες εκσυγχρονισμού του πρωτογενούς τομέα. Παράλληλα, καθοριστικό ρόλο παίζει η ύπαρξη του ευρωπαϊκού στρατηγικού πλαισίου, η πρόσβαση σε κατάλληλα χρηματοδοτικά εργαλεία, η υψηλή τεχνογνωσία του εγχώριου επιστημονικού δυναμικού και οι εν εξελίξει μεταρρυθμίσεις στη διαχείριση των αποβλήτων (<https://circulargreece.gr/el/nomothetiko-plaisio/>).

Στα τέλη του 2018, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας θέσπισε την Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία, η οποία εναρμονίζεται πλήρως με τις κατευθυντήριες γραμμές της ΕΕ. Η στρατηγική αυτή προβλέπει μια σειρά από θεσμικές παρεμβάσεις, τη δημιουργία βάσεων δεδομένων για την αξιολόγηση των πολιτικών, καθώς και τη διευκόλυνση των ιδιωτικών επιχειρηματικών κινήσεων. Επιπλέον, εισάγει έξυπνα χρηματοδοτικά κίνητρα και φοροελαφρύνσεις, αξιοποιώντας πόρους από το ΕΣΠΑ, το πρόγραμμα Juncker και τη δημόσια επενδυτική τράπεζα, προωθώντας ταυτόχρονα την ανοιχτή καινοτομία. Τέλος, δίνει έμφαση στην ενίσχυση της κοινωνικής και συνεργατικής οικονομίας μέσα από βιομηχανικά δίκτυα και κοινές πατέντες καθώς και στην κατεύθυνση του «έξυπνου και ψηφιοποιημένου εργοστασίου» (Ecopreneur EU, 2019). Η Εικόνα 1.3, η οποία παρουσιάζει τη δομή της κυκλικής οικονομίας στον ελλαδικό χώρο (Κοτταρίδη, 2020).



Εικόνα 1.3 . Κυκλική οικονομία στην Ελλάδα και Εθνικό πλαίσιο (Κοτταρίδη, 2020)

Σήμερα, η προσπάθεια αυτή στηρίζεται σε ένα ολοκληρωμένο εθνικό πλαίσιο, το οποίο περιλαμβάνει το νέο Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, τον Εθνικό Σχεδιασμό για τη Διαχείριση Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), το Εθνικό Πρόγραμμα Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων και τον Εθνικό Κλιματικό Νόμο. Στο ίδιο πλαίσιο εντάσσονται το Εθνικό Σχέδιο για τις Πράσινες Δημόσιες Επενδύσεις και το υπό αναθεώρηση Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ). Οι πρωτοβουλίες αυτές στοχεύουν στη μείωση των εισαγόμενων πρώτων υλών και στην επανεισαγωγή των δευτερογενών υλικών στην εγχώρια παραγωγή.

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, το οποίο εγκρίθηκε το 2022 (ΦΕΚ 84/Α/3-5-2022), βασίζεται στο αντίστοιχο ευρωπαϊκό μοντέλο του 2020. Το σχέδιο αποτυπώνει τα τρέχοντα εμπόδια της ελληνικής αγοράς και επιδιώκει τον συστημικό μετασχηματισμό των αλυσίδων αξίας για την περίοδο 2021-2025 μέσω διωρυγικών συνεργασιών. Το πλάνο διαρθρώνεται σε πέντε κεντρικούς πυλώνες, όπως περιγράφονται ακολούθως (ΥΠΕΚΑ, 2022):

1. Βιώσιμη παραγωγή και βιομηχανική πολιτική: Εμπεριέχει κίνητρα που αφορούν τον οικολογικό σχεδιασμό προϊόντων, την προώθηση της βιομηχανικής συμβίωσης, την περιβαλλοντική σήμανση και την καθιέρωση προδιαγραφών για τα δευτερογενή υλικά. Επιπρόσθετα, θεσπίζει υποχρεωτικά ποσοστά ανακυκλωμένου πλαστικού, ενώ αυστηροποιεί τις ευθύνες των παραγωγών σε κλάδους όπως οι συσκευασίες και τα οχήματα.
2. Βιώσιμη κατανάλωση: Εστιάζει στην καθιέρωση Πράσινων Δημοσίων Συμβάσεων, στην ενημέρωση των πολιτών και στην ίδρυση τοπικών Κέντρων Δημιουργικής Επαναχρησιμοποίησης Υλικών (ΚΔΕΥ). Επιπλέον, στηρίζει την οικονομία διαμοιρασμού, τις υπηρεσίες επισκευής, τις παραδοσιακές οικοτεχνίες και τα επιχειρηματικά μοντέλα «προϊόν ως υπηρεσία».
3. Μείωση των αποβλήτων και αναβάθμιση της αξίας τους (Upcycling): Προβλέπεται η αναθεώρηση των τοπικών σχεδίων διαχείρισης απορριμμάτων και η χρηματοδότηση σύγχρονων υποδομών διαλογής στην πηγή. Παράλληλα, εισάγεται πιλοτικά και σε ευρεία κλίμακα το σύστημα «Πληρώνω όσο Πετάω» (PAYT), ενώ δημιουργούνται νέα Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ) για ρούχα, έπιπλα, στρώματα, φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες. Επιπρόσθετα,

ενισχύεται η χρήση δευτερογενών καυσίμων, η παραγωγή βιομεθανίου και οι αυστηροί έλεγχοι στα απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων.

4. Ειδικές δράσεις προτεραιότητας: Επικεντρώνεται σε κρίσιμες πρώτες ύλες και στη δημιουργία ενός μη τοξικού περιβάλλοντος μέσω κρατικών ενισχύσεων, όπως το «Ερευνώ-Δημιουργώ-Καινοτομώ» καθώς και πολυετών ερευνητικών προγραμμάτων στους τομείς των βιομηχανικών υλικών και των υδατοκαλλιεργειών.
5. Οριζόντιες δράσεις διακυβέρνησης: Περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός Συντονιστικού Οργάνου και μιας «Κυκλικής Συμμαχίας» με παραγωγικούς φορείς. Επιπλέον, προβλέπει ειδικά περιφερειακά σχέδια για περιοχές σε φάση απολιγνιτοποίησης, καθώς και ψηφιακές πλατφόρμες τεχνικής υποστήριξης για τους Δήμους. Τέλος, εισάγει τα κριτήρια της ευρωπαϊκής ταξινόμησης για τις κρατικές δαπάνες, ενώ επενδύει στην πράσινη εκπαίδευση και κατάρτιση.

Η παρακολούθηση των συνολικά 66 δράσεων του Σχεδίου τελεί υπό την εποπτεία της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, με τη συνδρομή μιας διυπουργικής επιτροπής. Για την αξιολόγηση της πορείας μετάβασης θεσμοθετείται ένα Παρατηρητήριο για την Κυκλική Οικονομία, το οποίο θα προσδιορίζει την πρόοδο της χώρας μέσα από συγκεκριμένους ποσοτικούς δείκτες, εξασφαλίζοντας παράλληλα την κινητοποίηση των απαραίτητων πόρων για επιχειρήσεις, δήμους και κοινωνικούς φορείς.

Ο Νόμος 4819/2021 εισάγει ισχυρά οικονομικά αντικίνητρα για τον περιορισμό της υγειονομικής ταφής, θεσπίζοντας το τέλος ταφής για τα αστικά απόβλητα καθώς και για τα υπολείμματα των μονάδων επεξεργασίας, όπως ΚΔΔΥ, ΜΕΑ κ.λπ.. Το τέλος αυτό επιβαρύνει τόσο τους Δήμους (ΟΤΑ) και τους Φορείς Διαχείρισης (ΦοΔΣΑ).

Η χρέωση ξεκινά από τα €20 ανά τόνο και κλιμακώνεται ετησίως κατά €5, φτάνοντας τα €35 το 2025, τα €45 το 2026 και σταθεροποιείται στα €55 ανά τόνο από τις αρχές του 2027. Από το μέτρο αυτό εξαιρούνται μικρά νησιά με πληθυσμό κάτω των 1.000 κατοίκων, λόγω έλλειψης οικονομιών κλίμακας. Τα έσοδα εισπράττονται από τον Ελληνικό Οργανισμό Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ) και επιστρέφουν στην τοπική αυτοδιοίκηση για τη χρηματοδότηση έργων χωριστής συλλογής και πρόληψης.

Επιπλέον, ο νόμος καθιστά υποχρεωτική την εφαρμογή του συστήματος «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΡΑΥΤ), ώστε οι παραγωγοί αποβλήτων να χρεώνονται με βάση τον πραγματικό όγκο των απορριμμάτων τους. Το σύστημα ενεργοποιείται για μεγάλους Δήμους άνω των 100.000 κατοίκων, για μικρότερους Δήμους που διαθέτουν υποδομές επεξεργασίας βιοαποβλήτων, καθώς και για τουριστικές περιοχές και ειδικότερα για ξενοδοχεία άνω των 100 κλινών. Για την υπόλοιπη επαρχία και τους μικρότερους Δήμους, η καθολική εφαρμογή του συστήματος έχει μετατεθεί για τις αρχές του 2028.

Όσον αφορά τον Εθνικό Κλιματικό Νόμο (Ν. 4936/2022), ο οποίος τέθηκε σε ισχύ τον Μάιο του 2022, αποτελεί το βασικό θεσμικό κείμενο της χώρας για την ενίσχυση της κλιματικής ανθεκτικότητας και την επίτευξη μιας ανθρακικά ουδέτερης οικονομίας έως το 2050. Ο νόμος αναγνωρίζει ότι η διαχείριση των αποβλήτων και η κυκλική οικονομία αποτελούν κρίσιμους πυλώνες για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Για τον λόγο αυτό, εισάγονται πενταετείς τομεακοί προϋπολογισμοί άνθρακα, στους οποίους εντάσσεται και ο κλάδος των αποβλήτων, με την πρόοδο να αξιολογείται μέσω ετήσιων εκθέσεων. Επιπλέον, οι παράμετροι της κλιματικής αλλαγής και της κυκλικής διαχείρισης ενσωματώνονται πλέον υποχρεωτικά στις διαδικασίες περιβαλλοντικής αδειοδότησης των νέων έργων, ενώ αυστηροποιούνται οι διοικητικές κυρώσεις για τη μη ορθή συνεργασία των εμπλεκόμενων μερών στην εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών.

1.4. Ρόλος των ΟΤΑ και των ΦΟΔΣΑ στη διαχείριση ΑΣΑ

Οι Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦΟΔΣΑ) αποτελούν τα θεσμοθετημένα όργανα της Πρωτοβάθμιας Τοπικής Αυτοδιοίκησης, έχοντας κύρια αποστολή την ολιστική διαχείριση των απορριμμάτων σε πλήρη εναρμόνιση με το εκάστοτε Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ). Σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 227 του Ν. 4555/2018, το πεδίο δράσης και οι ευθύνες των ΦΟΔΣΑ εξειδικεύονται σε μια σειρά από στρατηγικές και επιχειρησιακές υποχρεώσεις. Στο πλαίσιο αυτό, οι φορείς επωμίζονται τον σχεδιασμό προγραμμάτων που στοχεύουν στην πρόληψη και τον περιορισμό της παραγωγής αποβλήτων στην πηγή. Επιπλέον, έχουν την ευθύνη για τη μελέτη, την κατασκευή και την εύρυθμη λειτουργία των

απαραίτητων Σταθμών Μεταφόρτωσης (ΣΜΑ) καθώς και των εργοστασίων επεξεργασίας, εξαιρουμένων των υποδομών που υλοποιούνται αυτόνομα από τους Δήμους (ΟΤΑ Α' βαθμού).

Όσον αφορά την τελική διάθεση, οι ΦΟΔΣΑ διαχειρίζονται τη λειτουργία των Χώρων Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ), διασφαλίζοντας την ασφαλή εναπόθεση των αστικών απορριμμάτων με δυνατότητα υποδοχής τόσο των μη επικίνδυνων όσο και συγκεκριμένων επικίνδυνων αποβλήτων. Επιπρόσθετα, αναλαμβάνουν τη μηχανική και βιολογική επεξεργασία των σύμμεικτων αποβλήτων, εφαρμόζοντας τις ισχύουσες κοινές υπουργικές αποφάσεις. Όμως, εκτός των καθαρά επιχειρησιακών έργων, οι φορείς λειτουργούν ως σύμβουλοι της τοπικής αυτοδιοίκησης, παρέχοντας επιστημονική και τεχνική βοήθεια στους Δήμους για την ανάπτυξη τοπικών περιβαλλοντικών δράσεων. Ευθύνονται για τη διαρκή παρακολούθηση των στόχων του ΠΕΣΔΑ, ενώ ελέγχουν τις ποσότητες και τις ροές των αποβλήτων στην περιοχή ευθύνης τους μέσω του Ηλεκτρονικού Μητρώου Αποβλήτων (ΗΜΑ). Σε ετήσια βάση, οι ΦΟΔΣΑ συντάσσουν το επιχειρησιακό τους πλάνο και καθορίζουν την τιμολογιακή πολιτική προς τους Δήμους, ενώ παράλληλα συγκεντρώνουν τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία για τα απόβλητα, προκειμένου να αποσταλούν στις αρμόδιες υπηρεσίες των Υπουργείων Εσωτερικών, Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σε συμμόρφωση με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς.

Στο πλαίσιο των αναπτυξιακών τους καθηκόντων, οι ΦΟΔΣΑ ορίζουν έργα, εκπονούν τις απαιτούμενες μελέτες και υποβάλλουν αιτήσεις χρηματοδότησης σε ευρωπαϊκά και εθνικά επιχειρησιακά προγράμματα ως τελικοί δικαιούχοι. Επιπρόσθετα, σχεδιάζουν δράσεις που ενισχύουν τη μετάβαση στην κυκλική οικονομία και συνδράμουν τους ΟΤΑ στην προσπάθεια εξάλειψης της ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων και της αποκατάστασης των παράνομων χωματερών (ΧΑΔΑ). Τέλος, οι φορείς τηρούν λεπτομερή απολογιστικά δεδομένα για την παραγωγή αποβλήτων και τη λειτουργία των υποδομών, τα οποία καταχωρίζουν στο «Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων» του Υπουργείου Εσωτερικών. Προκειμένου να διασφαλίζεται η διαφάνεια και η ορθή πορεία του περιβαλλοντικού σχεδιασμού, οι ΦΟΔΣΑ συντάσσουν ετήσιες καθώς και ευρύτερες πενταετείς εκθέσεις προόδου. Στις εκθέσεις αυτές αποτιμάται ο βαθμός υλοποίησης

των στόχων του ΠΕΣΔΑ και επισημαίνονται οι λόγοι που ενδέχεται να καθιστούν αναγκαία την αναθεώρησή του, ενημερώνοντας σχετικά την κεντρική διοίκηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΑΣΑ)

2.1. Ορισμός και σύνθεση ΑΣΑ

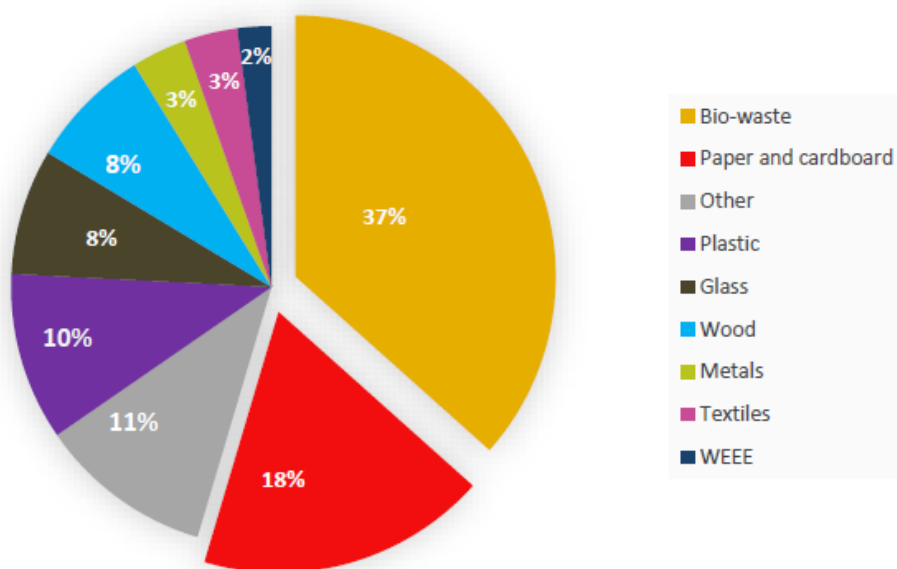
Σύμφωνα με τους Celestino, et. al., (2024), ως Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ) θεωρούνται τα απόβλητα που προκύπτουν από νοικοκυριά, γραφεία, ξενοδοχεία, καταστήματα, σχολεία καθώς και από άλλα ιδρύματα. Πέρα όμως από αυτόν τον ορισμό έχουν δοθεί και αυτοί των οικιακών αποβλήτων, των αστικών καθώς και των βιοαποικοδομήσιμων αποβλήτων. Ειδικότερα τα οικιακά απόβλητα είναι αυτά που προέρχονται από τα νοικοκυριά και περιλαμβάνουν υλικά, όπως χαρτί και χαρτόνι, γυαλί, μέταλλα, πλαστικά, βιολογικά απόβλητα, ξύλο, προϊόντα κλωστοϋφαντουργίας, απορρίμματα συσκευασίας, απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών καθώς και ογκώδη απόβλητα συμπεριλαμβανομένων στρωμάτων και επίπλων . Όσον αφορά τα αστικά απόβλητα θεωρούνται τα οικιακά και τα ανάμεικτα καθώς και αυτά που συλλέγονται χωριστά από άλλες πηγές, όταν προς τη φύση και η σύνθεση τους είναι παρόμοια με αυτή των οικιακών αποβλήτων. Τέλος το βιοαποικοδομήσιμο απόβλητο χαρακτηρίζεται αυτό που δύναται να υποστεί είτε αερόβια είτε αναερόβια αποσύνθεση, όπως για παράδειγμα τα υπολείμματα τροφών, κηπουρικής, το χαρτί και το χαρτόνι (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014).

Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του Ευρωπαϊκού Περιβαλλοντικού Οργανισμού (ΕΠΟ), τα κράτη - μέλη της ΕΕ παρήγαγαν συνολικά περίπου 2,2 δισεκατομμύρια τόνους αποβλήτων το 2020, μέγεθος που αντιστοιχεί σε μ.ο. 4,8 τόνων αποβλήτων ανά κάτοικο. Η συστηματική καταγραφή της σύνθεσης των αποβλήτων, η οποία πραγματοποιείται σε διετή βάση με πιο πρόσφατο έτος αναφοράς το 2020, επιτρέπει τη διαχρονική παρακολούθηση και στατιστική ανάλυση των τάσεων παραγωγής και διαχείρισης. (ΡΑΑΕΥ, 2025).

Στην Εικόνα 2.1, παρουσιάζεται η ποσοτική ανάλυση της σύστασης των ΑΣΑ στην ΕΕ για το 2020. Η κατανομή των επιμέρους ρευμάτων περιλαμβάνει τα βιοαπόβλητα με ποσοστό 37%, το χαρτί και χαρτόνι με ποσοστό 18% και ακολουθούν τα λοιπά απόβλητα με 11%, τα πλαστικά με 10%, το γυαλί και το ξύλο με 8%, τα μέταλλα και

τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα με 3% και τέλος τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) με 2%.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα, το μεγαλύτερο κλάσμα των ΑΣΑ καταλαμβάνουν τα βιοαπόβλητα. Με βάση την ποσοτική αυτή σύσταση εκτιμάται ότι μόλις το 11% κ.β. του συνόλου, το οποίο αντιστοιχεί στην κατηγορία «Λοιπά» απαιτείται δυνητικά να οδηγηθεί προς τελική διάθεση, δηλαδή είτε στην υγειονομική ταφή είτε στην καύση (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2023).



Εικόνα 2.1. Σύσταση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (PAAEY, 2025)

2.2. Ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων

Το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων βασίζεται στην Οδηγία 2008/98/ΕΚ, όπως αυτή τροποποιήθηκε και ισχύει μέσω της αναθεωρημένης Οδηγίας 2018/851. Το συγκεκριμένο κανονιστικό πλαίσιο αποσκοπεί στον περιορισμό των ανθρωπογενών πιέσεων στο φυσικό περιβάλλον και στη διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Η επίτευξη των στόχων αυτών επιδιώκεται μέσω του μετριασμού των αρνητικών συνεπειών που συνδέονται με τον κύκλο ζωής των αποβλήτων, δηλαδή την παραγωγή και την επεξεργασία. Επιπρόσθετα, βοηθά στη

μετάβαση προς τη κυκλική οικονομία, ευνοώντας έτσι την αποδοτικότητα των πόρων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανάκτησης υλικών και της ανακύκλωσης με αποτέλεσμα τη μείωση της εξάρτησης από πρωτογενείς πρώτες ύλες (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2023).

Κεντρικό πυλώνα της Οδηγίας αποτελεί το Άρθρο 4, το οποίο εισάγει τη θεμελιώδη αρχή της «ιεράρχησης των αποβλήτων» γνωστή και ως waste hierarchy. Η αρχή αυτή καθορίζει μια αυστηρή κλίμακα προτεραιότητας σχετικά με τις πρακτικές διαχείρισης, όπως αποτυπώνεται την Εικόνα 2.2. Σύμφωνα με τη διαβάθμιση, οι επιλογές με σειρά προτεραιότητας είναι οι ακόλουθες (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2023):

- Πρόληψη
- Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση
- Ανακύκλωση
- Άλλου είδους ανάκτηση
- Τελική διάθεση



Εικόνα 2.2. Ιεράρχηση αποβλήτων. (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2023).

Η συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση συνάδει πλήρως με τις σύγχρονες περιβαλλοντικές απαιτήσεις για ορθολογική διαχείριση των πόρων, ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης με τον ρυθμό γένεσης αποβλήτων. Όπως προκύπτει από την ιεράρχηση των αποβλήτων, είναι σαφές πως η υγειονομική ταφή αποτελεί τη λιγότερο επιθυμητή πρακτική, η οποία πρέπει να εφαρμόζεται αποκλειστικά για τα υπολειμματικά κλάσματα που είναι αδύνατο να ενταχθούν σε ανώτερες βαθμίδες αξιοποίησης.

2.3. Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα

Σχετικά με την Ελλάδα, όπως αναφέρει η ΕΕ κατά την τελευταία δωδεκαετία παρατηρείται προοδευτική μείωση του συνολικού όγκου των παραγόμενων αποβλήτων, γεγονός που αποτελεί ένδειξη τάσης αποσύνδεσης της παραγωγής αποβλήτων από την οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Παρά τη θετική αυτή εξέλιξη, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στα κράτη μέλη που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο ως προς την μη επίτευξη των κοινοτικών στόχων. Ειδικότερα, διαπιστώνεται καθυστέρηση αναφορικά με τους στόχους του 2025 που αφορούν την προετοιμασία προς την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των αστικών αποβλήτων, καθώς και για την ανακύκλωση των αποβλήτων συσκευασίας. Επιπλέον, θεωρείται δύσκολη η επίτευξη του δεσμευτικού στόχου του 2035 για τον περιορισμό της υγειονομικής ταφής των αστικών αποβλήτων (EEA. 2025).

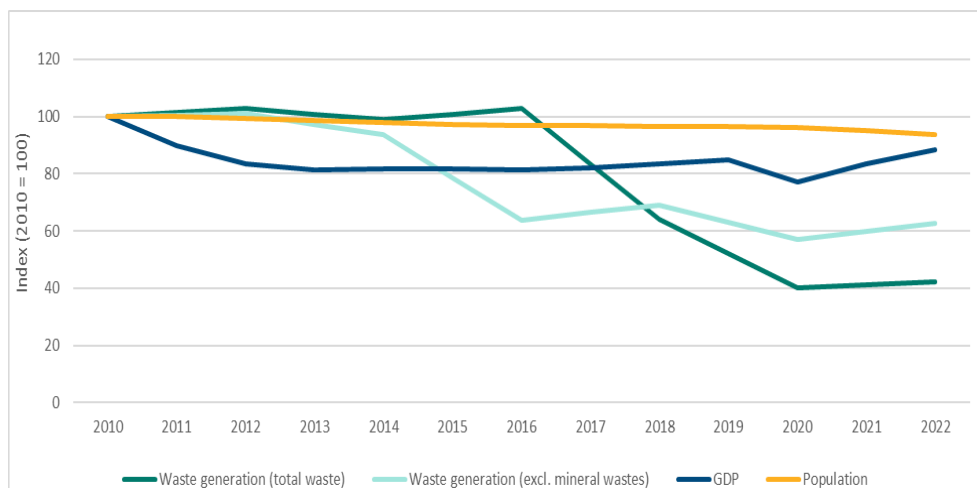
Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων από το 2019 και έπειτα φανερώνει μια παρατεταμένη στασιμότητα, καθώς δεν έχει καταγραφεί ουσιαστική πρόοδος στη βελτίωση των δεικτών ανακύκλωσης των αστικών αποβλήτων, με το ποσοστό της υγειονομικής ταφής να παραμένει σε υψηλά επίπεδα, της τάξης του 80%. Για την αντιστροφή αυτής της δυναμικής, η σταδιακή κλιμάκωση του τέλους ταφής όπου ενδέχεται να ανέλθει στα 55 ευρώ ανά τόνο έως το 2027, αποτελεί ένα κρίσιμο οικονομικό εργαλείο. Το μέτρο αυτό αποσκοπεί τόσο στην αποθάρρυνση της πρακτικής αυτής όσο και στη δημιουργία εσόδων για τη χρηματοδότηση δράσεων πρόληψης και ανακύκλωσης.

Τέλος, το εθνικό στρατηγικό πλάνο για την περίοδο 2022-2023 προέβλεπε την επέκταση του συστήματος χωριστής συλλογής. Η επέκταση αυτή περιλάμβανε τη

θεσμοθέτηση υποχρεώσεων για τους ΟΤΑ και τις ιδιωτικές επιχειρήσεις σχετικά με τη διαλογή των βιοαποβλήτων, τη χωριστή συλλογή μη συσκευασμένων μετάλλων, γυαλιού και πλαστικών, την εισαγωγή συστήματος εγγυοδοσίας (για κουτιά αλουμινίου και πλαστικές φιάλες, καθώς και την εφαρμογή σχημάτων Διευρυμένης Ευθύνης Παραγωγού (ΔΕΠ) για διάφορες κατηγορίες προϊόντων. Παρά το γεγονός ότι έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένα βήματα, τα μέτρα αυτά ακόμη δεν έχουν τεθεί σε πλήρη και αποτελεσματική εφαρμογή.

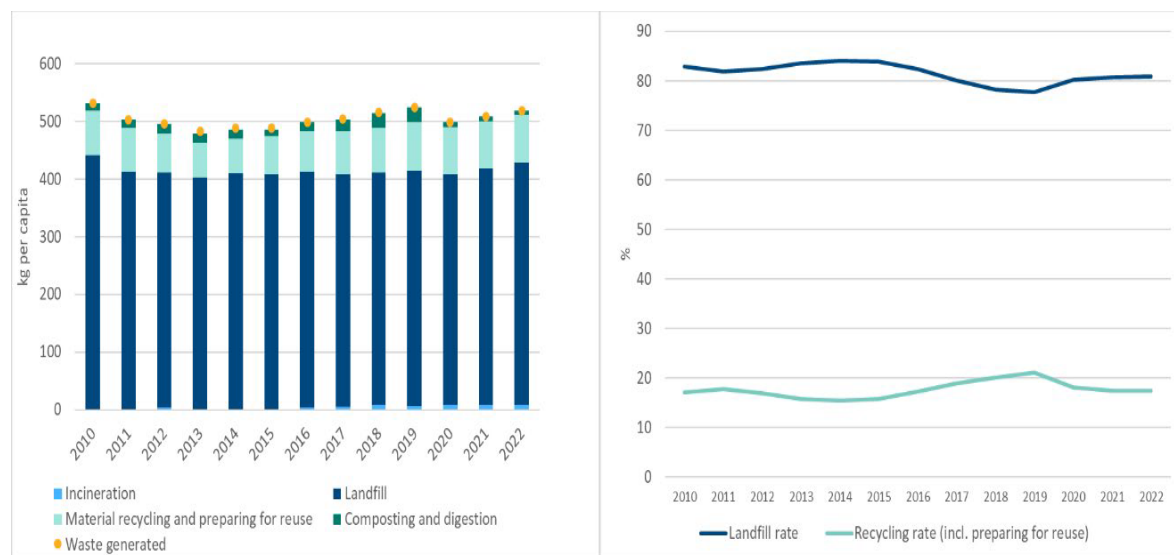
Κατά την τελευταία δωδεκαετία, ο συνολικός όγκος των παραγόμενων αποβλήτων κατέγραψε σημαντική μείωση, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.3. Ειδικότερα, η παραγωγή παρέμεινε σχετικά σταθερή έως το 2016, όπου έπειτα παρατηρήθηκε ραγδαία μείωση. Η εξέλιξη αυτή αποδίδεται πρωτίστως στον περιορισμό των ορυκτών αποβλήτων από δραστηριότητες μεταλλείων και λατομείων. Η κάμψη αυτή συνδέεται άμεσα με τη δραστική μείωση της εξόρυξης λιγνίτη, που αντιστοιχεί στο 62% κατά την περίοδο 2018–2020, ως απόρροια της εθνικής στρατηγικής για την απολιγνιτοποίηση της χώρας. Παράλληλα, σημαντική υποχώρηση εμφάνισε και ο όγκος των αποβλήτων εξαιρουμένων των ορυκτών. Η συγκεκριμένη κατηγορία παρουσίασε σταθεροποιητικές τάσεις έως το 2014, προτού καταγράψει σημαντική μείωση το 2016, κυρίως λόγω του περιορισμού των οικιακών αποβλήτων, των καταλοίπων καύσης, καθώς και των ανακυκλώσιμων υλικών (Eurostat 2024c, 2024b, 2024g).

Σε μακροοικονομικό επίπεδο, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) της Ελλάδας ακολούθησε πτωτική τροχιά μεταξύ 2010 και 2013, για να σταθεροποιηθεί στη συνέχεια με εξαίρεση το 2020 όπου καταγράφεται πτώση, η οποία αποδίδεται στις επιπτώσεις της πανδημίας της Covid-19. Συνεπώς, παρατηρούνται ενδείξεις σχετικής αποσύνδεσης της παραγωγής αποβλήτων από την οικονομική δραστηριότητα, καθώς από το 2010 και έπειτα ο ρυθμός μείωσης των αποβλήτων υπήρξε σημαντικά ταχύτερος από την αντίστοιχη μεταβολή του ΑΕΠ.



Εικόνα 2.3. Παραγωγή αποβλήτων (συνολική και εξαιρουμένων των κυρίων ορυκτών αποβλήτων), πληθυσμός και οικονομική ανάπτυξη, 2010-2022 (Eurostat2024c, 2024b, 2024g)

Όσον αφορά την παραγωγή αστικών αποβλήτων παρουσιάζει μία στασιμότητα μεταξύ 2010 – 2022, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4, (αριστερά). Ειδικότερα, το 2022, η παραγωγή αστικών αποβλήτων αντιστοιχούσε στα 519 κιλά ανά κάτοικο (kg/cap), η οποία είναι πολύ κοντά στον εκτιμώμενο μέσο όρο της ΕΕ-27, που ήταν 513 κιλά ανά κάτοικο κατά το ίδιο έτος.



Εικόνα 2.4. Διαχρονική εξέλιξη της διαχείρισης αστικών αποβλήτων (αριστερά) σε συνάρτηση με τα ποσοστά ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης και υγειονομικής ταφής (δεξιά) στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 2010–2022 (Eurostat, 2024e).

Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 2.4 (αριστερά), ο δείκτης ανακύκλωσης των ΑΣΑ παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα, για το 2022, το ποσοστό ανακύκλωσης αντιστοιχεί στο 17%, τιμή σημαντικά χαμηλότερη από τον αντίστοιχο εκτιμώμενο ευρωπαϊκό μέσο όρο, ο οποίος διαμορφώθηκε στο 49% για την ίδια περίοδο. Επιπλέον, παρατηρείται έντονη στασιμότητα τόσο στους ρυθμούς ανακύκλωσης υλικών όσο και στις μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας, όπως η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση. Η συνεισφορά της βιολογικής επεξεργασίας στο εθνικό μείγμα διαχείρισης παραμένει οριακή, φτάνοντας μόλις το 1% για το 2022 (EEA, 2025).

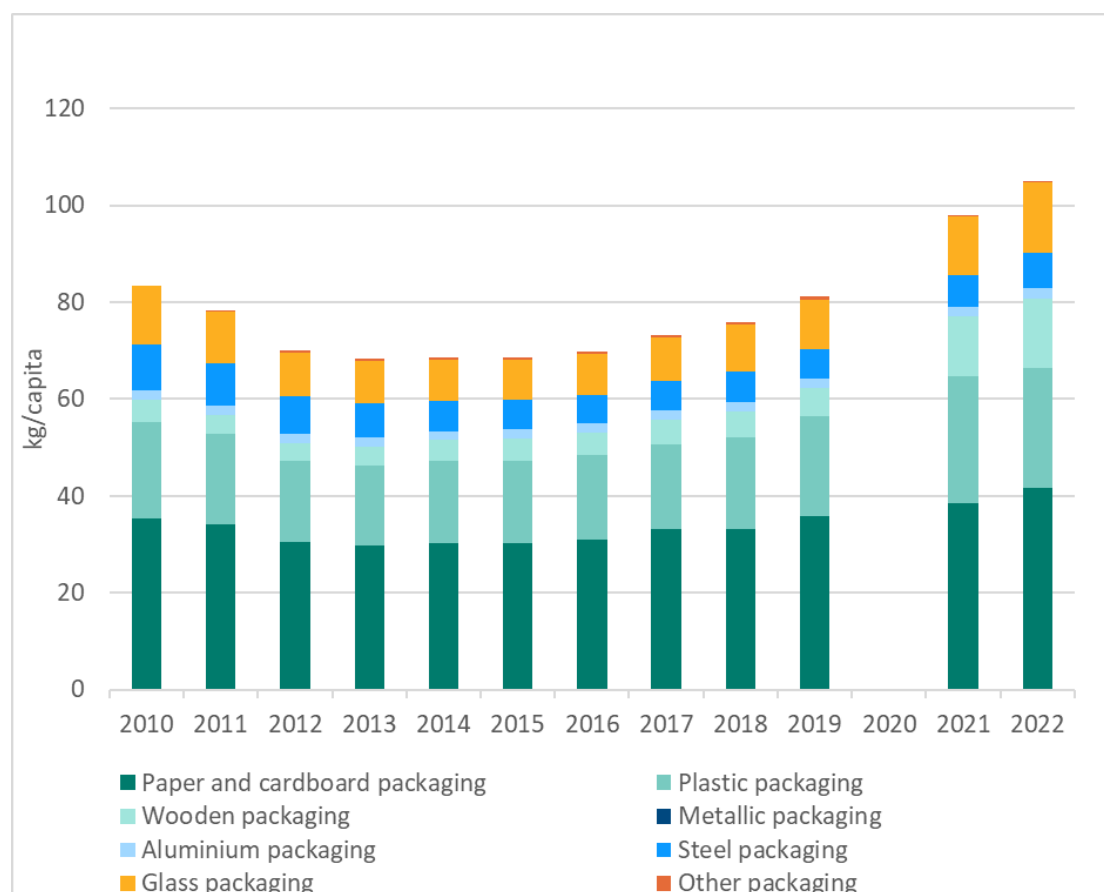
Όσον αφορά τις τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας, η ανάκτηση ενέργειας μέσω αποτέφρωσης έχει δευτερεύοντα ρόλο, απορροφώντας το 2% των παραγόμενων αστικών αποβλήτων το 2022. Από την άλλη, η υγειονομική ταφή εξακολουθεί να αποτελεί την πρωτεύουσα και κυρίαρχη μέθοδο τελικής διάθεσης των ΑΣΑ. Ο σχετικός δείκτης ταφής παρουσιάζει διαχρονική σταθεροποίηση σε αξιοσημείωτα υψηλά επίπεδα, φτάνοντας το 80% του συνολικού όγκου των παραγόμενων αποβλήτων, όπως φαίνεται στο Εικόνα 2.4 (Eurostat, 2024e).

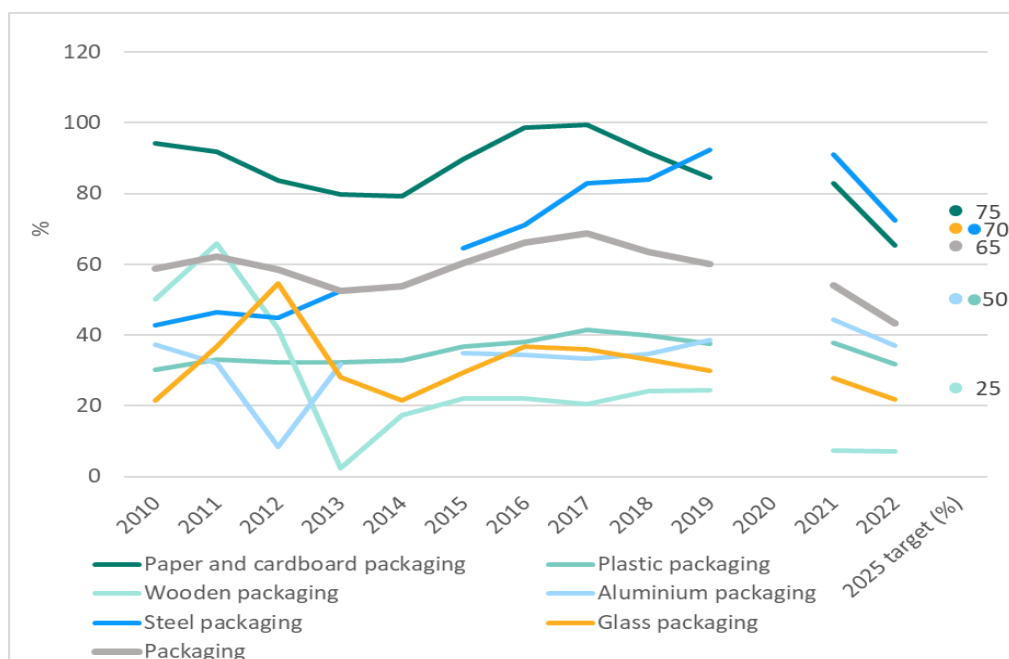
Στο πλαίσιο των υποχρεώσεων που απορρέουν από την Οδηγία-Πλαίσιο για τα Απόβλητα, η ελληνική πλευρά έχει προχωρήσει στην κοινοποίηση στοιχείων με σκοπό την τεκμηρίωση του βαθμού εναρμόνισής της με τον δεσμευτικό στόχο του 55% για το έτος 2025. Ο στόχος αυτός αφορά τις διαδικασίες προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα εν λόγω προσωρινά δεδομένα, τα οποία υποβάλλονται υποχρεωτικά βάσει της ανωτέρω Οδηγίας, συγκλίνουν σε εξαιρετικά μεγάλο βαθμό με τα αντίστοιχα στοιχεία της εθελοντικής αναφοράς που αποτυπώνονται στην Εικόνα 2.4. Ειδικότερα, για το έτος 2021, η μεταξύ τους στατιστική απόκλιση αναφορικά με τον δείκτη προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση περιορίζεται σε επίπεδο χαμηλότερο της μίας ποσοστιαίας μονάδας (Eurostat, 2024d).

Όπως παρατηρείται από την Εικόνα 2.5, ο ρυθμός γένεσης αποβλήτων συσκευασίας παρουσίασε αρχικά μείωση κατά την περίοδο 2010–2013, προτού ακολουθήσει μια φάση σταθεροποίησης και μεταγενέστερης ανόδου, με αποτέλεσμα το 2019 να επανέλθει στα επίπεδα των αρχών της δεκαετίας. Από το 2021 και μετά καταγράφεται περαιτέρω αυξητική τάση, υπερβαίνοντας τα μεγέθη του 2010. Σε κατά κεφαλήν βάση, η ετήσια παραγωγή για το έτος 2022 διαμορφώθηκε στα 105 κιλά ανά κάτοικο

(\$kg/cap\$), τιμή η οποία είναι σημαντικά χαμηλή από τον αντίστοιχο εκτιμώμενο ευρωπαϊκό μέσο όρο (EE-27), ο οποίος ανήλθε στα 186 κιλά ανά κάτοικο για το ίδιο έτος.

Ωστόσο, κρίνεται σκόπιμο να επισημανθεί πως η υφιστάμενη αποτίμηση των αποβλήτων συσκευασίας ενδέχεται να μην εμπεριέχει κάποιες ποσότητες αυτών. Η απόκλιση αυτή αποδίδεται στη μη συμπερίληψη των ροών που απορρέουν από το ηλεκτρονικό εμπόριο, την εφαρμογή του κανόνα ελάχιστων ορίων, καθώς και από το φαινόμενο των μη εγγεγραμμένων υπόχρεων παραγωγών, οι οποίοι εισάγουν προϊόντα στην αγορά χωρίς να συνεισφέρουν στα συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης. Κατά συνέπεια, ο πραγματικός όγκος των παραγόμενων αποβλήτων συσκευασίας ενδέχεται να είναι υψηλότερος από τον επίσημα καταγεγραμμένο, γεγονός που συνεπάγεται την ανάλογη διαφοροποίηση και των τελικών δεικτών ανακύκλωσης (ETC/CE, 2022).





Εικόνα 2.5. Παραγωγή αποβλήτων συσκευασίας (κάτω) και ποσοστά ανακύκλωσης (επάνω), την περίοδο 2010-2022 (Eurostat,2024f)

Το συνολικό ποσοστό ανακύκλωσης αποβλήτων συσκευασίας στην Ελλάδα ήταν σταθερό, όπου εκτιμάται ότι αντιστοιχεί στο 60% μέχρι το 2019, όπως παρουσιάζεται στο Εικόνα 2.5, (επάνω). Ωστόσο, το 2022 σημείωσε σημαντική πτώση, που αγγίζει το 43% και είναι πολύ χαμηλότερη από τον εκτιμώμενο μέσο όρο της ΕΕ-27, που αντιστοιχεί στο 65% κατά το ίδιο έτος. Η πτώση αυτή οφείλεται στην έλλειψη επαληθευμένων δεδομένων για τις βιομηχανικές και εμπορικές συσκευασίες από δύο Συλλογικά Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΣΕΔ / PRO). Συνεπώς,, οι όγκοι αυτοί δεν περιλαμβάνονται στους όγκους ανακύκλωσης, με αποτέλεσμα να επηρεαστούν τα ποσοστά ανακύκλωσης όλων των υλικών (Eurostat, 2024a).

Κατά τα έτη 2021 και 2022, οι εθνικοί δείκτες ανακύκλωσης για το σύνολο των αποβλήτων συσκευασίας διαμορφώθηκαν στο 54% και 43% αντίστοιχα. Η ανάλυση ανά κατηγορία υλικού καταδεικνύει ότι οι επιδόσεις στις συσκευασίες από πλαστικό, αλουμίνιο, γυαλί και ξύλο παρουσίασαν σημαντική αρνητική απόκλιση από τους θεσμοθετημένους στόχους του 2025 και για τις δύο εξεταζόμενες περιόδους. Απο την άλλη, θετική τροχιά κατέγραψαν οι σιδηρούχες συσκευασίες, υπερβαίνοντας τα αντίστοιχα κοινοτικά όρια του 2025 (EEA, 2025).

Από πλευράς μάζας, ο γενικός δείκτης ανακύκλωσης επηρεάζεται σημαντικά από τις ροές χαρτιού, χαρτονιού και των πλαστικών, καθώς οι συγκεκριμένες κατηγορίες αποτελούν τα κυρίαρχα κλάσματα του συνολικού όγκου των αποβλήτων. Τέλος, επισημαίνεται ο κίνδυνος μεθοδολογικής μεροληψίας, καθώς οι υφιστάμενοι δείκτες ανακύκλωσης ενδέχεται να εμφανίζονται τεχνητά υπερεκτιμημένοι. Η πιθανή αυτή στρέβλωση αποδίδεται στο γεγονός ότι ο υπολογισμός τους βασίζεται σε υποεκτιμημένα δεδομένα αναφορικά με τις συνολικές ποσότητες συσκευασιών που εισέρχονται ετήσια στην εγχώρια αγορά (EEA, 2025).

2.4. Προβλήματα και προκλήσεις

Αξιολογώντας τον στρατηγικό σχεδιασμό αναδεικνύεται η ανάγκη βελτίωσης σε πολλαπλά επίπεδα, καθώς τα μέχρι τώρα εφαρμοσμένα μέτρα πρόληψης χαρακτηρίζονται ως ελλιπή, ενώ απουσιάζει μια τεκμηριωμένη αποτίμηση της αποτελεσματικότητάς τους. Παράλληλα, σημαντικός αριθμός προγραμματισμένων δράσεων ξεκίνησε πρόσφατα παρουσιάζοντας σημαντική καθυστέρηση, με συνέπεια να μην είναι ακόμη εφικτή η καταγραφή και η αποτίμηση απτών αποτελεσμάτων (EEA, 2023c).

Επιπρόσθετα, αυτή η στατιστική αβεβαιότητα επεκτείνεται και στα ποσοτικά στοιχεία. Στο πλαίσιο της Εκτελεστικής Απόφασης (ΕΕ) 2021/19, η Ελλάδα υπέβαλε για το 2021 τα πρώτα δεδομένα επαναχρησιμοποίησης, σύμφωνα με τα οποία καταγράφηκαν 2.152 τόνοι κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, 1.088 τόνοι ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, 0,84 τόνοι επίπλων, καθώς και 2.552 τόνοι λοιπών προϊόντων (EEA, 2024). Καθώς η διαδικασία συλλογής και αναφοράς των συγκεκριμένων στοιχείων πραγματοποιείται για πρώτη φορά, η εγκυρότητα της βάσης δεδομένων αναμένεται να σταθεροποιηθεί με τη μελλοντική ωρίμανση του συστήματος. Επί του παρόντος, η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων από το συγκεκριμένο δείγμα κρίνεται επισφαλής και απαιτεί ιδιαίτερη ερευνητική προσοχή (EEA, 2024).

Παρά αυτή τη θετική τάση μείωσης του συνολικού όγκου αποβλήτων, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στα κράτη μέλη που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο αστοχίας ως προς την επίτευξη των κοινοτικών στόχων ορόσημων για το 2025. Αυτοί αφορούν την

προετοιμασία προς επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των αστικών αποβλήτων, καθώς και την ανακύκλωση των συνολικών αποβλήτων συσκευασίας. Επισφαλής εμφανίζεται και η επίτευξη του δεσμευτικού στόχου του 2035 για την υγειονομική ταφή. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων από το 2019 και έπειτα καταδεικνύει μια παρατεταμένη στασιμότητα, καθώς ο δείκτης ανακύκλωσης των ΑΣΑ στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από διαχρονική καθυστέρηση, με το ποσοστό υγειονομικής ταφής να παραμένει εξαιρετικά υψηλό όπου αντιστοιχεί στο 80%. Ειδικότερα το 2022, το ποσοστό ανακύκλωσης ανήλθε μόλις στο 17%, μέγεθος σημαντικά χαμηλότερο από τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό μέσο όρο που διαμορφώθηκε στο 49%. Επιπλέον, η συνεισφορά της βιολογικής επεξεργασίας, όπως η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση, παρέμεινε οριακή στο 1% για το 2022, ενώ οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας και αποτέφρωσης κατέγραψαν εξίσου χαμηλά ποσοστά της τάξης του 2% (EEA,2025).

Στο πλαίσιο των υποχρεώσεών της, η ελληνική πλευρά έχει προχωρήσει στην κοινοποίηση προσωρινών στοιχείων με σκοπό την τεκμηρίωση του βαθμού εναρμόνισής της με τον δεσμευτικό στόχο του 55% για το έτος 2025, τα οποία συγκλίνουν σε μεγάλο βαθμό με τα αντίστοιχα στοιχεία της εθελοντικής αναφοράς, παρουσιάζοντας στατιστική απόκλιση μικρότερη της μίας ποσοστιαίας μονάδας για το έτος 2021. Όσον αφορά τα απόβλητα συσκευασίας, η εγχώρια παραγωγή παρουσίασε αρχικά κάμψη κατά την περίοδο 2010–2013, προτού ακολουθήσει μια φάση σταθεροποίησης και μεταγενέστερης ανόδου, επιστρέφοντας το 2019 στα επίπεδα των αρχών της δεκαετίας και καταγράφοντας περαιτέρω αυξητική τάση από το 2021 και έπειτα. (EEA,2025).

Σημαντικές προκλήσεις εντοπίζονται στα οικονομικά εργαλεία αποθάρρυνσης της τελικής διάθεσης των αποβλήτων. Η Ελλάδα εφαρμόζει από το 2022 ένα ειδικό τέλος ταφής το οποίο καθορίστηκε στα 20 ευρώ ανά τόνο, μέγεθος εξαιρετικά χαμηλό που υπολείπεται αισθητά από τους αντίστοιχους φόρους που επιβάλλονται στα υπόλοιπα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπου ο μέσος όρος κυμαίνεται μεταξύ 39 και 46 ευρώ ανά τόνο. Προκειμένου να περιοριστεί αυτή η απόκλιση, η εθνική νομοθεσία προβλέπει την ετήσια κλιμάκωση του τέλους αυτού κατά 5 ευρώ ανά τόνο, με προοπτική να ανέλθει στα 55 ευρώ από το 2027 και έπειτα. Βάσει του Άρθρου 38 του Νόμου 4819/2021, τα έσοδα που προκύπτουν από την είσπραξη του εν λόγω τέλους

προορίζονται αποκλειστικά για τη χρηματοδότηση δράσεων πρόληψης, χωριστής συλλογής και ανακύκλωσης από την πλευρά των ΟΤΑ και των αρμόδιων φορέων διαχείρισης, καθώς και για την υποστήριξη της επιστημονικής έρευνας και των τεχνολογιών αιχμής στον τομέα των αποβλήτων.

Παρά το γεγονός ότι δεν υφίσταται οριζόντια απαγόρευση της υγειονομικής ταφής, από τις αρχές του 2024 έχει θεσπιστεί η απαγόρευση της ταφής για συγκεκριμένες κατηγορίες, όπως τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός, τα είδη καθημερινής υγιεινής, τα υποδήματα και τα βιβλία που είναι ακατάλληλα προς πώληση ή χρήση. Η απαγόρευση αυτή ισχύει εκτός εάν αποδειχθεί τεκμηριωμένα ότι έχουν εξαντληθεί όλες οι εναλλακτικές επιλογές που προβλέπονται στις ανώτερες βαθμίδες της θεσμοθετημένης ιεράρχησης των αποβλήτων.

Όσον αφορά τις τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας, στην Ελλάδα δεν εφαρμόζονται φόροι αποτέφρωσης, καθώς η χώρα στερείται σχετικών εργοστασίων και υποδομών, ενώ επί του παρόντος δεν πραγματοποιούνται εξαγωγές αποβλήτων με σκοπό την καύση τους σε ξένες εγκαταστάσεις. Συμπερασματικά, ο συνδυασμός του χαμηλού οικονομικού κόστους του τέλους ταφής με τη διαχρονική λειτουργία οικονομικά προσιτών και παράνομων χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων λειτούργησε ανασταλτικά κατά το πρόσφατο παρελθόν, αποτρέποντας τη δημιουργία των απαραίτητων οικονομικών κινήτρων για την ουσιαστική αναβάθμιση και ενίσχυση των εθνικών δεικτών ανακύκλωσης.

Σύμφωνα με την αξιολόγηση της έγκαιρης προειδοποίησης του Ευρωπαϊκού Περιβαλλοντικού Οργανισμού, καθίσταται σαφές ότι η Ελλάδα οφείλει να επιταχύνει τις διαδικασίες για την επίτευξη του στόχου του 2025 που αφορά την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των αστικών αποβλήτων σε ποσοστό 55%, του αντίστοιχου στόχου για την ανακύκλωση συσκευασιών σε ποσοστό 65%, καθώς και του δεσμευτικού ορίου του 2035 για τον περιορισμό της υγειονομικής ταφής στο 10% των παραγόμενων αστικών αποβλήτων. Μέχρι στιγμής, η χώρα έχει καταγράψει εξαιρετικά περιορισμένη πρόοδο στη βελτίωση των δεικτών ανακύκλωσης, με την υγειονομική ταφή να διατηρεί τον κυρίαρχο ρόλο της στο εθνικό μείγμα επεξεργασίας. Αν και έχουν σχεδιαστεί θεσμικά αντίμετρα, όπως η καθιέρωση υποχρεωτικού συστήματος χρέωσης ανάλογα με την παραγωγή, η εφαρμογή εθνικού συστήματος εγγυοδοσίας για συγκεκριμένες συσκευασίες και η σταδιακή αύξηση του

τέλους ταφής, τα πρακτικά αποτελέσματα των ενεργειών αυτών δεν έχουν γίνει ακόμη ορατά, γεγονός που υποδηλώνει ότι απαιτείται σημαντική ένταση των προσπάθειών για την προσέγγιση των ευρωπαϊκών οροσήμων (EEA,2025).

Παράλληλα, οι ρυθμοί κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης παραμένουν σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα, κατάσταση η οποία έχει αναγνωριστεί επισήμως ως ένας από τους βασικότερους παράγοντες για τη χαμηλή αποδοτικότητα του εθνικού συστήματος. Προς την κατεύθυνση αυτή, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εκδώσει δέσμη συστάσεων πολιτικής με σκοπό την ποιοτική αναβάθμιση των εθνικών επιδόσεων. Οι κατευθυντήριες αυτές γραμμές εστιάζουν στην ενίσχυση των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης αστικών αποβλήτων και συσκευασιών, στην οριζόντια επέκταση της χωριστής συλλογής στην πηγή με έμφαση στα βιοαπόβλητα, καθώς και στην ευαισθητοποίηση των πολιτών γύρω από τη διαλογή. Επιπλέον, υπογραμμίζεται η ανάγκη εφαρμογής οικονομικών εργαλείων και κλιμάκωσης του τέλους ταφής παράλληλα με την περαιτέρω ανάπτυξη υποδομών επεξεργασίας που ανταποκρίνονται στις ανώτερες βαθμίδες της ιεράρχησης των αποβλήτων, όπως η αύξηση της δυναμικότητας επεξεργασίας βιοαποβλήτων, η υποστήριξη της οικιακής κομποστοποίησης και η θέσπιση συστημάτων διαχείρισης ποιότητας για τα παραγόμενα εδαφοβελτιωτικά. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αναδιοργάνωση του συστήματος διαχείρισης δεδομένων, με σκοπό την παρουσίαση συνεκτικών και διασταυρωμένων στατιστικών συνόλων, ιδίως για τα απόβλητα συσκευασίας.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η Ελλάδα προχώρησε επίσημα στην απόφαση για πενταετή μετάθεση της καταληκτικής προθεσμίας επίτευξης των στόχων του 2025. Η αναβολή αυτή αφορά την ανακύκλωση των αστικών αποβλήτων, καθώς και των πλαστικών και γυάλινων συσκευασιών, αποτελώντας χρήση των σχετικών δικαιωμάτων εξαιρέσεως που παρέχονται από την Οδηγία-Πλαίσιο για τα Απόβλητα και την Οδηγία για τις Συσκευασίες και τα Απόβλητα Συσκευασιών. Το προβλεπόμενο επιχειρησιακό σχέδιο για την υλοποίηση των στόχων αυτών υπό το νέο χρονικό πρίσμα έχει ήδη υποβληθεί προς τους αρμόδιους ευρωπαϊκούς φορείς και βρίσκεται υπό καθεστώς αξιολόγησης (EEA, 2025).

Συμπερασματικά, ο θεσμικός μετασχηματισμός και η αυστηροποίηση του κανονιστικού περιβάλλοντος συνιστούν θεμελιώδεις παραμέτρους για την επιτυχή ενσωμάτωση των αρχών της κυκλικής οικονομίας στο ελληνικό αναπτυξιακό

πρότυπο. Η επικαιροποίηση του εθνικού νομοθετικού πλαισίου και η πλήρης εναρμόνισή του με τις κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές δύνανται να λειτουργήσουν ως μοχλός για την εμπέδωση της διαφάνειας, τη βελτιστοποίηση των μηχανισμών εφαρμογής των περιβαλλοντικών πολιτικών και την επιτάχυνση της μετάβασης προς βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης. Εντούτοις, η ουσιαστική ευόδωση αυτών των μεταρρυθμιστικών πρωτοβουλιών εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη συμπαγούς και μακροπρόθεσμης πολιτικής δέσμευσης από την πλευρά των κέντρων λήψης αποφάσεων (PAAEY, 2025).

Η κινητοποίηση και η ενεργός σύμπραξη του κοινωνικού συνόλου αποτελούν ακρογωνιαίο λίθο για την αποτελεσματικότητα οποιουδήποτε στρατηγικού σχεδιασμού στον τομέα των αποβλήτων. Η συστηματική εφαρμογή προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και στοχευμένης ευαισθητοποίησης δύναται να λειτουργήσει πολλαπλασιαστικά, ενισχύοντας τους δείκτες ανακύκλωσης και αναδιαμορφώνοντας τα καταναλωτικά πρότυπα προς μια πιο βιώσιμη κατεύθυνση. Η διεθνής εμπειρία από επιτυχημένες επικοινωνιακές εκστρατείες καταδεικνύει ότι η ενσωμάτωση της κοινωνικής συμμετοχής στην παραγωγική αλυσίδα συνιστά καθοριστική παράμετρο για την αποτελεσματική μείωση του όγκου των παραγόμενων αποβλήτων.

Παράλληλα, ο ψηφιακός μετασχηματισμός και η ενσωμάτωση τεχνολογιών αιχμής προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες για τη βελτιστοποίηση των συστημάτων διαχείρισης. Η αξιοποίηση ψηφιακών εφαρμογών και αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης στις φάσεις της αποκομιδής, της επεξεργασίας και της δυναμικής παρακολούθησης των ροών υλικών, μπορεί να περιορίσει αισθητά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και να αναβαθμίσει την ποιότητα των ανακυκλώσιμων κλασμάτων. Επιπλέον, η υιοθέτηση έξυπνων τεχνολογικών υποδομών συμβάλλει στην ορθολογική κατανομή και την εξοικονόμηση των διαθέσιμων φυσικών και οικονομικών πόρων (PPAAEY, 2025).

Προς την ίδια κατεύθυνση, η ενεργοποίηση κατάλληλων δημοσιονομικών εργαλείων και οικονομικών κινήτρων μπορεί να επιταχύνει τις απαιτούμενες αλλαγές. Η θεσμοθέτηση φορολογικών ελαφρύνσεων και χρηματοδοτικών ενισχύσεων για τις επιχειρήσεις και τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης που εφαρμόζουν καινοτόμες μεθοδολογίες διαλογής και ανάκτησης, είναι ικανή να λειτουργήσει ως

μοχλός για τη μετάβαση στο κυκλικό οικονομικό πρότυπο. Μέσω της εφαρμογής αυτών των συνδυαστικών πολιτικών, η Ελλάδα αποκτά τη δυνατότητα να αναβαθμίσει ριζικά τις επιδόσεις της, να γεφυρώσει το υφιστάμενο χάσμα με τα προπορευόμενα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και να εδραιώσει ένα λειτουργικό και περιβαλλοντικά αποδοτικό μοντέλο διαχείρισης.

Τέλος, η ανάπτυξη διασυνοριακών δικτύων και η διεθνής συνεργασία μπορούν να συνεισφέρουν καθοριστικά στη βελτίωση του εγχώριου συστήματος. Μέσω της αμφίδρομης μεταφοράς τεχνολογικής αιχμής, της ανταλλαγής επιστημονικής τεχνογνωσίας και του κοινού σχεδιασμού καινοτόμων λύσεων, η χώρα μπορεί να ενσωματώσει αποτελεσματικά τις βέλτιστες και δοκιμασμένες πρακτικές άλλων ευρωπαϊκών κρατών, επιταχύνοντας τη μεθοδολογική της σύγκλιση με τα διεθνή πρότυπα (PPAAEY, 2025).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

ΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ ΤΩΝ ΑΣΑ

3.1. Σύνθεση, χαρακτηριστικά και παραγωγή οργανικού κλάσματος

Ο ορισμός του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων (OFMSW) διαφοροποιείται τόσο σε περιφερειακό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Στις ΗΠΑ ως OFMSW θεωρείται ένα μίγμα αποβλήτων τροφίμων, κήπου και χαρτιού (Palmisano και Barlaz, 1996), ενώ στην ΕΕ θεωρείται ένα μίγμα αποβλήτων από πάρκα, κήπους και κουζίνες (AlSeadi et.al., 2013).

Η παραγωγή και η σύσταση του OFMSW εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, όπως η γεωγραφική περιοχή, ο αριθμός των κατοίκων και η κοινωνική τους κατάσταση, οι κύριες δραστηριότητες που έχουν αναπτυχθεί στην περιοχή, οι τοπικές διατροφικές συνήθειες, η εποχή και το σύστημα συλλογής (Hansen et.al., 2007b) .

Το OFMSW που παράγεται ετησίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 88 εκατομμύρια τόνους, με την προοπτική να αυξηθεί σε 96 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι πόλεις παρήγαγαν το 2025 περίπου 2,2 δισεκατομμύρια τόνους στερεών αποβλήτων εκ των οποίων ένα σημαντικό ποσοστό ήταν οργανικό (https://cordis.europa.eu/programme/id/H2020_BBI-2019-SO1-F1).

Τα χαρακτηριστικά του OFMSW κατηγοριοποιούνται σε φυσικά, χημικά και βρωματολογικά. Το έργο VALORGAS που αφορά την αξιοποίηση αποβλήτων τροφίμων για την παραγωγή βιοαερίου πραγματοποίησε μελέτες που αφορούσαν μεταξύ άλλων και τον χαρακτηρισμό του OFMSW. Σύμφωνα με το Greenfinch, την Εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τα διάφορα συστατικά του OFMSW. Η ταξινόμηση προτείνει 16 κλάσματα χωρίς να εμπεριέχονται οι σπόροι και τα κουκούτσια. Το OFMSW περιλαμβάνει υπολείμματα τροφίμων, απόβλητα κουζίνας, φύλλα, κομμένο γρασίδι, υπολείμματα λουλουδιών και απόβλητα κήπου Μέσα από την παρατήρηση γίνεται αντιληπτή η ετερογένεια αυτών των κλασμάτων. (VALORGAS, 2010).



Εικόνα 3.1. Η σύσταση του OFMSW (Campuzano and González-Martínez, 2016) .

Τα φυσικά χαρακτηριστικά τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην μετέπειτα επεξεργασία τους είναι η πυκνότητα, το μέγεθος τους καθώς και το ποσοστό υγρασίας των συστατικών τους,. Η υγρασία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά, διότι συνδέεται με τον ρυθμό αποδόμησης . Οι Medina-Salas et.al, (2019) αναφέρουν πως σε χώρες με χαμηλά εισοδήματα όπου η κατανάλωση κρέατος είναι σε μικρά ποσοστά, τα επίπεδα της υγρασίας είναι χαμηλά, ενώ τα απόβλητα κήπων η υγρασία τους διαφοροποιείται ανάλογα με την εποχή. Το ίδιο παρατηρείται και στην πυκνότητα, η οποία διαφοροποιείται ανάλογα με την πηγή και το υλικό. Στον Πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορετικές τιμές της πυκνότητας. Τέλος, το μέγεθος του υλικού σχετίζεται με τον ρυθμό αποδόμησης, όπου όσο μικρότερο το μέγεθος, τόσο μεγαλύτερη η ειδική επιφάνεια και επομένως τόσο πιο γρήγορα πραγματοποιείται η διαδικασία .

Πίνακας 3.1 . Η πυκνότητα OFMSW ανάλογα με την πηγή προέλευσης (Paritosh. al.,2018).

Πηγή προέλευσης OFMSW	Πυκνότητα (kg/m ³)
Χειροκίνητος διαχωρισμός στην πηγή	750
Μηχανικός διαχωρισμός μέσω συσκευής	790–810
Αποξηραμένο δείγμα (105°C)	666

Διαχωρισμός μέσω πολτοποιητή (Pulper)	933
Αλεσμένο και μηχανικά διαχωρισμένο	328
Υπολείμματα τροφίμων	51

Από χημική άποψη, το OFMSW παρουσιάζει τόσα χαρακτηριστικά όσα και τα συστατικά του. Υπάρχουν παράμετροι που απαντώνται σε μελέτες όπου ασχολούνται με τη διαχείριση και την επεξεργασία του OFMSW. Τέτοιοι παράμετροι είναι τα πτητικά στερεά, τα σταθερά στερεά, τα ολικά στερεά και οι μεταξύ τους αναλογίες, το άζωτο Kjeldahl και ο ολικός φώσφορος. Οι παράμετροι αυτοί χρησιμοποιούνται ως βασικοί προσδιορισμοί της οργανικής ύλης είτε βιοδιασπώμενης είτε όχι καθώς και των θρεπτικών συστατικών που περιέχονται στο OFMSW ως υπόστρωμα για την μετέπειτα επεξεργασία τους. Η στοιχειακή σύσταση αποτελεί το κλειδί για την αξιολόγηση της πιθανής ανάκτησης θρεπτικών συστατικών, όπως ο άνθρακας, το άζωτο και ο φώσφορος, ενώ δύναται να εκτιμηθεί η θεωρητική παραγωγή μεθανίου (Paritosh . al.,2018) .

Σε μελέτες όπου έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες αναλύσεις καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι τιμές pH κυμαίνονται από 3,9 έως 7,9 με μέσο όρο $5,2 \pm 0,95$. Τα ολικά στερεά (TS) κυμαίνονται μεταξύ 15,0% έως 50,2%, ενώ τα πτητικά στερεά (VS) ποικίλλουν σημαντικά, από 7,4% έως 36,1%. Επιπλέον, ο ολικός φώσφορος παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεταξύ χωρών και πόλεων: Οι τιμές κυμαίνονται από 0,4 έως 13 g/kg με μέσο όρο $1,7 \pm 2,5$ g/kg. 13 g/kg χωρίς αυτή την τιμή, οι υπόλοιπες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0,4 και 2,4 g/kg. Οι τιμές για το άζωτο Kjeldahl (KN) κυμαίνονται μεταξύ 1,0 g/kg και 28 g/kg με μέσο όρο $7,9 \pm 5,4$ g/kg (Campuzano and Simón, 2016).

Ο πίνακας 3.1 παρουσιάζει τη στοιχειακή σύσταση του OFMSW από 18 πόλεις σε 12 χώρες. Οι τιμές αυτές αναφέρονται σπάνια, επειδή οι περισσότεροι συγγραφείς ενδιαφέρονται για το OFMSW με σκοπό την παραγωγή βιοαερίου και η στοιχειακή σύσταση δεν είναι απαραίτητη για τον σκοπό αυτό. όπως παρατηρείται στον Πίνακα, η περιεκτικότητα σε άνθρακα κυμαίνεται από 37,6% έως 51,3% επί των TS με μέσο όρο $46,6 \pm 4,4\%$. Οι τιμές του υδρογόνου και του αζώτου είναι παρόμοιες, με μέσους όρους $6,6 \pm 0,62\%$ και $2,9 \pm 0,6\%$, αντίστοιχα, ενώ οι συγκεντρώσεις θείου είναι

παρόμοιες στις περισσότερες περιπτώσεις, με τιμές μεταξύ 0,1% και 0,3% επί των TS (Campuzano and Simón, 2016).

Πίνακας 3.2 Στοιχειομετρική ανάλυση του OFMSW σε παγκόσμιο επίπεδο (Campuzano and Simón, 2016) .

Πόλη	C	H	N	S	Υγρασία	pH	TS	VS
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)
Μπρίσμπεϊν, Αυστραλία	48,4	6,7	2,94	0,2	70,6	—	29,4	22,7
Καντόνα, Κίνα	37,7	5,7	3,3	0,1	81,6	5,3	18,4	11,3
Κοπεγχάγη, Δανία	51,3	7,5	2,4	0,2	72,0	—	28,0	24,4
Φόρσα, Φινλανδία	49,4	—	2,5	—	73,0	5,3	73,0	27,0
Ξάνθη, Ελλάδα	40,5	5,75	1,5	—	53,7	—	46,3	34,9
Νταετζόν, Νότια Κορέα	48,7	6,9	3,8	0,3	78,9	3,9	21,1	17,4
Νέα Υόρκη, ΗΠΑ	48,4	—	3,8	0,6	—	—	—	—
Κορκ, Ιρλανδία	49,6	7,3	3,5	—	70,6	4,1	29,4	28,0
Λούτον, Ηνωμένο Βασίλειο	51,2	6,6	3,1	0,2	76,3	5,1	23,7	21,8
Ούντινε,	37,6	5,6	2,8					

Ιταλία								
--------	--	--	--	--	--	--	--	--

Τέλος η βρωματολογική σύσταση των OFMSW σε διάφορες περιοχές παρουσιάζεται στον **Πίνακα 3.3**.

Πίνακας 3.3 .Βρωματολογική σύσταση του OFMSW (Campuzano and González-Martínez,, 2016)

Πόλη	Λίπη (%)	Πρωτεΐνες (%)	Υδατάνθρακες (%)	Ακατέργαστες Ίνες (%)
Κουανγκτσόου, Κίνα	15,6	23,1	61,4	13,6
Κορκ, Ιρλανδία	19,9	18,9	61,9	—
Πάντοβα, Ιταλία	20,7	17,4	62,0	22,9
Ούντινε, Ιταλία	6,09	14,61	35,0	—
Πόλη του Μεξικού, Μεξικό	17,5	15,2	52,9	39,5
Άγκυρα, Τουρκία	26,0	13,3	63,2	—
Νέα Υόρκη, ΗΠΑ	35,0	26,6	52	

Το μακρομοριακό κλάσμα των υποστρωμάτων αποτελείται κυρίως από ακατέργαστες ίνες, καθώς και απο διαλυτούς και μη διαλυτούς υδατάνθρακες, όπως κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και πηκτίνη και άμυλο. Η κυτταρίνη αποτελεί τον αφθονότερο πολυσακχαρίτη στα σύνθετα οργανικά απόβλητα. Λόγω της β-διαμόρφωσής της, αναπτύσσει μακριές γραμμικές αλυσίδες που αλληλεπιδρούν μέσω δεσμών υδρογόνου, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωσης μιας κρυσταλλικής δομής η οποία παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στην ενζυμική υδρόλυση (Himmel et al., 2007). Η ημικυτταρίνη είναι ένας ετερο-πολυσακχαρίτης δομημένος από διάφορα μονοσακχαρίδια, όπως πεντόζες και εξόζες με επικρατέστερη την ξυλόζη (Sierra et al., 2007). Λόγω της διακλαδισμένης δομής της, θεωρείται περισσότερο ανθεκτική

στην υδρόλυση συγκριτικά με την κυτταρίνη (Sierra et al., 2007), καθώς συνδέεται χημικά με τη λιγνίνη, λειτουργώντας έτσι ως συνδετικός κρίκος μεταξύ αυτής και της κυτταρίνης. Παρόλα αυτά οι Himmel et al. (2007) και Peters (2007) υποστηρίζουν πως η ημικυτταρίνη είναι πιο εύκολα βιοαποδομήσιμη από την κυτταρίνη. Όσον αφορά το άμυλο ο Sanders, (2001) αναφέρει ότι αποτελείται από γραμμική αμυλόζη που είναι υδατοδιαλυτή και αμυλοπηκτική που είναι υδατοαδιάλυτη, και ως εκ τούτου η μεταξύ τους αναλογία καθορίζει τον βαθμό της ενζυμικής προσβολής (Campuzano and Simón, 2016).

Η λιγνίνη, η οποία ανιχνεύεται στο κλάσμα των ακατέργαστων ινών, δεν ανήκει στους υδατάνθρακες αλλά είναι ένα φαιολικό πολυμερές που είναι ισχυρά συνδεδεμένο με τους πολυσακχαρίτες. Η παρουσία της ενισχύει την ανθεκτικότητα των ινών έναντι της μικροβιακής αποδόμησης μέσω του σχηματισμού λιγνοκυτταρινούχων συμπλεγμάτων (AACC, 2001).

Οι πρωτεΐνες αποτελούν πολυπεπτιδικές αλυσίδες L-α-αμινοξέων, οι οποίες συγκροτούνται μέσω πεπτιδικών δεσμών. Συνιστούν τα μοναδικά οργανικά μακρομόρια που ενσωματώνουν άζωτο και θείο στη δομή τους (Nelson and Cox, 2013).

Τα FOG (Fat, Oil and Grease) μπορεί να είναι ζωικής ή φυτικής προέλευσης και αποτελούνται κυρίως από τριγλυκερίδια. Λόγω του έντονα υδρόφοβου χαρακτήρα τους, είναι αδιάλυτα στο υδατικό μέσο και τείνουν να προσροφώνται στην επιφάνεια των σωματιδίων του αποβλήτου (Campuzano and González-Martínez,, 2016).

Ειδικότερα, η συγκέντρωση των FOG κυμαίνεται από 6,09%VS έως 35% VS, οι πρωτεΐνες από 7,7%VS έως 30%VS, και οι ακατέργαστες ίνες από 13,6%VS έως 71,9%VS. Με βάση τη στατιστική επεξεργασία της βιβλιογραφίας, η μέση τιμή της λιγνίνης ανήλθε σε $9.7 \pm 5.3\%VS$, της κυτταρίνης σε $18.6 \pm 15.0\%VS$, της ημικυτταρίνης σε $8.6 \pm 4.6\%VS$, του αμύλου σε $17.1 \pm 2.5\%VS$, των ελεύθερων σακχάρων σε $10.5 \pm 6.0\%VS$, ενώ οι συνολικοί υδατάνθρακες αντιστοιχούν σε $55.5 \pm 10.1\%VS$ (Campuzano and González-Martínez,, 2016).

3.2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την μη αξιοποίησή του

Το παραγόμενο βιοαέριο στους χώρους υγειονομικής ταφής περιέχει 41–48% CH₄ και 32–40% CO₂. Οι υποδομές αυτές αποτελούν σταθερή πηγή έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, με τον ρυθμό εκπομπής ανά τόνο επεξεργαζόμενου υλικού να κυμαίνεται μεταξύ 500–700 kgCO₂ ανά τόνο αποβλήτου, 100–1000 × 10⁶ kg CH₄ ανά τόνο αποβλήτου, 5–20 × 10⁶ kg N₂O ανά τόνο αποβλήτου και 5–10 × 10³ kg NH₃ ανά τόνο του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων (Salam et al., 2024)

Σύμφωνα με τους Kaushal και Sharma (2016), οι ετήσιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από τους χώρους ταφής είναι εξαιρετικά υψηλές, αγγίζοντας σε παγκόσμια κλίμακα τους 62,86 Gt. Βιβλιογραφικά δεδομένα τεκμηριώνουν ότι οι ενεργοί ΧΥΤΑ και οι παλαιοί χώροι ανεξέλεγκτης εναπόθεσης αποβλήτων εκλύουν ετησίως περίπου 40–60 MtCH₄, μέγεθος που αντιστοιχεί στο 11–12% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου, οι οποίες προσεγγίζουν τα 500 Mt ετησίως. Συνεπώς, η υγειονομική ταφή κατατάσσεται ως η τρίτη κυριότερη πηγή εκπομπής CH₄ παγκοσμίως (Bian, et. al., 2022)

Από πλευράς ισοζυγίου άνθρακα, η ελεγχόμενη υγειονομική ταφή προκαλεί την έκλυση 1,16 kg εκπομπών C ανά κιλό αποβλήτου, ενώ σε απλούς χώρους ταφής η τιμή αυτή μειώνεται σε 0,79 kg C. Αντίθετα, η εφαρμογή κομποστοποίησης περιορίζει δραστικά τις εκπομπές άνθρακα στα 0,30 kg C, ενώ η θερμική επεξεργασία (καύση) \ αποδίδει 0,51 kg C. Συνεπώς, οι ελεγχόμενοι ΧΥΤΑ παρουσιάζουν υπερ-τριπλάσιο αποτύπωμα άνθρακα συγκριτικά με την κομποστοποίηση και σχεδόν διπλάσιο σε σχέση με την καύση και την απλή ταφή. Συνολικά, η διαχείριση μέσω ταφής όπου στην ουσία δεν πραγματοποιείται αξιοποίηση του οργανικού υλικού, παρουσιάζει τη χειρότερη περιβαλλοντική επίδοση, με τις εκπομπές να ανέρχονται σε 568,98 kg ισοδυνάμου CO₂ ανά τόνο αποβλήτου (Khuntia et al., 2022).

Πέραν των αερίων εκπομπών, μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα συνιστά η εναπόθεση των ρύπων και του μικροβιακού φορτίου στους υπόγειους υδροφορείς. Η ατμοσφαιρική ρύπανση και η υποβάθμιση των υδάτων εντείνονται από την έκλυση μονοξειδίου του άνθρακα (CO), οξειδίων του αζώτου (NO_x), οξειδίων του θείου (SO_x) και βαρέων μετάλλων. Επιπρόσθετα, οι χώροι ταφής απελευθερώνουν πλήθος πρωτογενών και δευτερογενών ρύπων, όπως αιωρούμενα σωματίδια, όξινα αέρια και

μικροπλαστικά. Επιπλέον, υπάρχει ο κίνδυνος εμφάνισης του φαινομένου της ρευστοποίησης του σώματος του ΧΥΤΑ σε περίπτωση σεισμικής δραστηριότητας, όταν δεν υπάρχει επαρκής γεωτεχνική σταθεροποίηση. Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων από τα παραγόμενα στραγγίσματα αναγνωρίζεται ως ο κρισιμότερος περιβαλλοντικός κίνδυνος των ΧΥΤΑ, ενώ ακολουθούν οι εκρήξεις λόγω συσσώρευσης βιοαερίου, η καταστροφή της βλάστησης και οι διάχυτες εκπομπές. Σχετικές μελέτες επισημαίνουν ότι απουσία στεγανών γεωμεμβρανών και συστημάτων συλλογής, η επιμόλυνση των υπόγειων υδατικών πόρων από τα στραγγίσματα μπορεί να συνεχιστεί για μακρές χρονικές περιόδους, ακόμη και μετά την οριστική παύση λειτουργίας του χώρου ταφής (Anshassi and Smallwood, 2022).

3.3. Τεχνικές και τεχνολογίες αξιοποίησης

Είναι γεγονός ότι η παγκόσμια κοινότητα καλείται να αντιμετωπίσει κρίσιμα περιβαλλοντικά προβλήματα, γεγονός που καθιστά επιτακτική την εύρεση επιστημονικά τεκμηριωμένων λύσεων με ουδέτερο ή ιδανικά θετικό περιβαλλοντικό πρόσημο. Οι απαιτούμενες αυτές μεταβολές βασίζονται πλέον στις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Συνεπώς, καθίσταται σαφές ότι ο κλάδος της διαχείρισης αποβλήτων δύναται να συνεισφέρει καθοριστικά στην υλοποίηση των στόχων. Η συμβολή του εν λόγω τομέα μεγιστοποιείται όταν η διαχείριση, και κυρίως αυτή των οργανικών αποβλήτων, εντάσσεται στο πλαίσιο της κυκλικής βιοοικονομίας. Η αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος ως εναλλακτική πρώτη ύλη ή ως πηγή ανανεώσιμης ενέργειας περιορίζει την εξάρτηση από τους εξαντλήσιμους πόρους. Παράλληλα, προάγει την αποδοτική χρήση των υλικών, διευκολύνει την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών, μετριάξει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και στηρίζει την ανάπτυξη βιώσιμων βιομηχανιών βιολογικής βάσης. Κατά αυτόν τον τρόπο, επιταχύνεται η απομάκρυνση από τα παραδοσιακά, γραμμικά και μη βιώσιμα παραγωγικά πρότυπα.

Η πολυπλοκότητα και η υψηλή ετερογένεια που χαρακτηρίζουν τα ρεύματα των οργανικών αποβλήτων ευνόησαν την ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών, ειδικά σχεδιασμένων για συγκεκριμένα υποστρώματα. Οι μέθοδοι αυτοί επεκτείνονται πέρα από τις συμβατικές λύσεις της κομποστοποίησης και της αναερόβιας χώνευσης (AD), εισάγοντας διεργασίες όπως η πυρόλυση για την παραγωγή βιοεξανθρακώματος

(biochar) και η ζύμωση στερεάς κατάστασης (SSF) για τη λήψη βιοπροϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (Molina-Peñate and Sánchez, 2025).

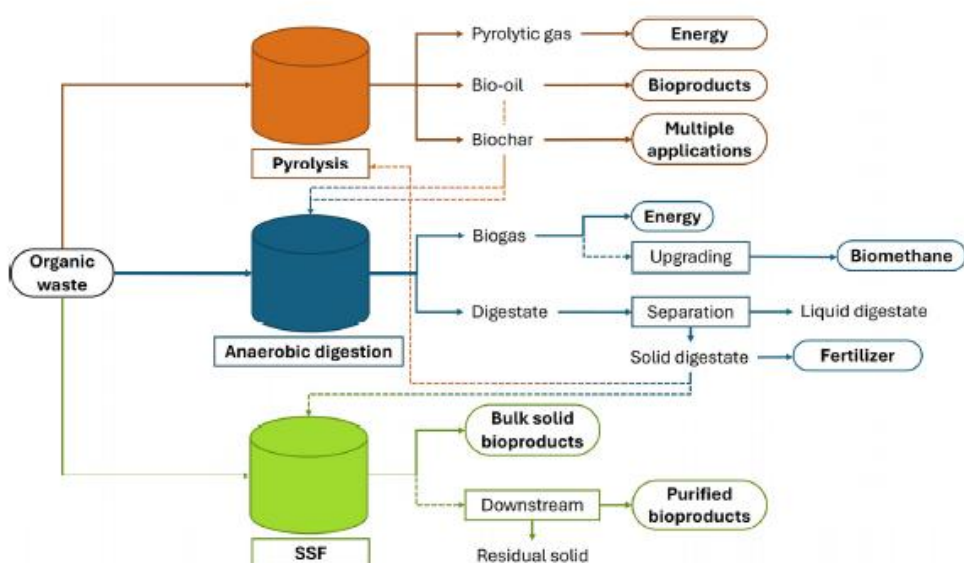
Η αναερόβια χώνευση (AD) συνιστά μια θεμελιώδη βιοδιεργασία στη διαχείριση αποβλήτων, κατά την οποία η οργανική ύλη αποδομείται από μικροοργανισμούς υπό συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Από τη διεργασία αυτή σχηματίζεται βιοαέριο, το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), καθώς και χωνεμένο υπόλειμμα. Αυτό το υλικό χαρακτηρίζεται ως ένα παραπροϊόν υψηλού θρεπτικού φορτίου που αξιοποιείται ως οργανικό εδαφοβελτιωτικό (Salameet. al., 2024).

Η θερμική αποτέφρωση αποτελεί μια διαδεδομένη μέθοδο, καθώς επιτυγχάνει δραστική μείωση του αρχικού όγκου και του βάρους τους, ενώ παράλληλα επιτρέπει μέσω εξειδικευμένων διατάξεων την ανάκτηση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, η μέθοδος εφαρμόζεται εκτενώς σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από έλλειψη διαθέσιμων εκτάσεων για υγειονομική ταφή ή από απουσία εναλλακτικών, περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών. Το κύριο πλεονέκτημα της καύσης έγκειται στην άμεση σταθεροποίηση του υποστρώματος χωρίς την ανάγκη μακροχρόνιας βιολογικής αποδόμησης. Συγχρόνως, η διεργασία εξασφαλίζει την πλήρη εξάλειψη του παθογόνου μικροβιακού φορτίου και την ασφαλή οξείδωση των εύκολα αποικοδομήσιμων οργανικών κλασμάτων (Salameet. al., 2024).

Οι Liu,et al., (2020) παρουσίασαν μια ποιοτική συγκριτική αποτίμηση τεχνολογιών, όπως παρατίθεται στον Πίνακα 3.5. Σε επίπεδο ενεργειακού ισοζυγίου, τόσο η AD (αναερόβια χώνευση) όσο και η πυρόλυση παρουσιάζουν θετικό πρόσημο· εντούτοις, επισημαίνεται ότι το αυξημένο % υγρασίας των οργανικών αποβλήτων συνεπάγεται υψηλό ενεργειακό κόστος για το στάδιο της ξήρανσης που απαιτεί η πυρόλυση. Από οικονομική σκοπιά, η Ζύμωση Στερεάς Κατάστασης (SSF) επιτρέπει την ανάκτηση εμπορικά ελκυστικών βιοπροϊόντων, ενώ η πυρόλυση αποδίδει μια ευρεία γκάμα κλασμάτων με πολυποίκιλες εφαρμογές, παρά το γεγονός ότι συνεπάγονται αυξημένες κεφαλαιουχικές και λειτουργικές δαπάνες. Σε κάθε περίπτωση, το σύνολο των εξεταζόμενων τεχνολογιών υπερέχει περιβαλλοντικά έναντι των παραδοσιακών πρακτικών της υγειονομικής ταφής και της αποτέφρωσης. (Liu,et al., 2020).

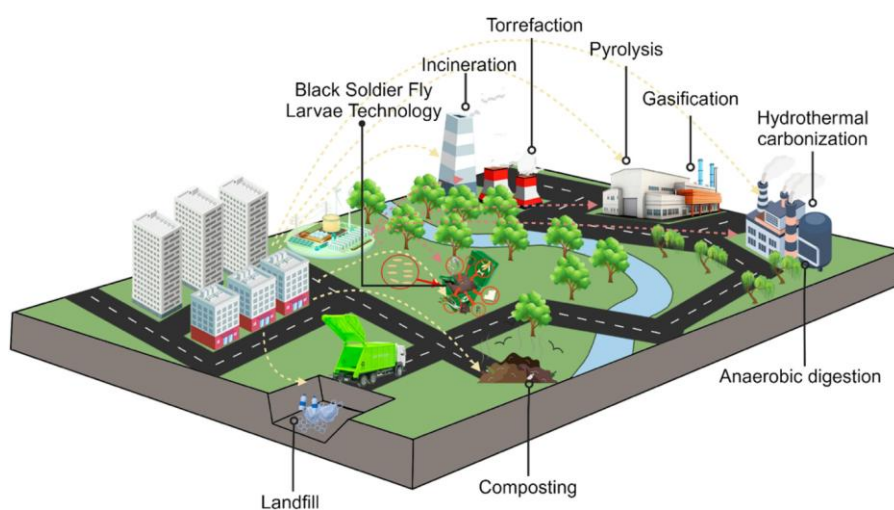
Πίνακας 3.5 Τεχνολογίες Διαχείρισης Οργανικών Αποβλήτων (Liu, et al., 2020).

Παράμετρος	Κομποστοποίηση	Αναερόβια Χώνευση	Πυρόλυση	Ζύμωση Στερεάς Κατάστασης (SSF)
Ενεργειακό ισοζύγιο	- - -	+++	+	--
Κόστος	+	++	+++	++
Έσοδα	- / +	+	++	+++
Δυνατότητα κλιμάκωσης (TRL)	9	9	9	5–7
Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	++	+++	+	+++
Δέσμευση άνθρακα	+	/	+++	/



Εικόνα 3.2. Σχηματική απεικόνιση των επιμέρους διεργασιών και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων (διακεκομμένες γραμμές) (Liu, et al., 2020).

Άλλες σύγχρονες θερμοχημικές διεργασίες είναι η αεριοποίηση (gasification), η αεριοποίηση πλάσματος (plasmagasification), η υδροθερμική απανθράκωση (HTC), η υγροποίηση (liquefaction) και η τορρεφαξιοποίηση (torrefaction). Τα τελευταία χρόνια πέρα από τις παραπάνω τεχνολογίες αναδύονται καινοτόμες εναλλακτικές προσεγγίσεις, με κυριότερη τη βιομετατροπή (bioconversion) οργανικών υποστρωμάτων μέσω προνυμφών (Salamet. al., 2024). Στην Εικόνα 3.2 περιγράφονται αυτές οι τεχνολογίες αξιοποίησης.



Εικόνα 3.3 Άλλες τεχνολογίες διαχείρισης οργανικού κλάσματος ΑΣΑ (Salamet. al., 2024).

Η τορρεφαξιοποίηση (torrefaction) συνιστά μια ήπια θερμοχημική διεργασία προκατεργασίας, η οποία αποσκοπεί στην απομάκρυνση της υγρασίας και του πτητικού κλάσματος της βιομάζας, αναβαθμίζοντας τα καύσιμα χαρακτηριστικά της. Κυριότερα πλεονεκτήματα είναι η βελτίωση της ικανότητας άλεσης, η διαμόρφωση ομοιογενούς σύστασης, η εξάλειψη της βιολογικής αποδόμησης, η μη εμφάνιση υδρόφοβου χαρακτήρα και η αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας. Η μέθοδος μετατρέπει τα οργανικά υποστρώματα σε στερεά βιοκαύσιμα μέσης ενεργειακής κλάσης, τα οποία διακρίνονται σε βιοεξανθράκωμα (biochar) και hydrochar. Τα εν λόγω προϊόντα χαρακτηρίζονται από δομική σταθερότητα και ανώτερη θερμογόνο δύναμη συγκριτικά με την ανεπεξέργαστη βιομάζα. Κατά τη θερμική επεξεργασία, καταγράφεται έκλυση ανόργανων συστατικών στο περιβάλλον, με κυριότερα το

ασβέστιο (Ca), το πυρίτιο (Si) και το κάλιο (K). Η τορρεφαξιποιημένη βιομάζα παρουσιάζει μείωση όγκου της τάξης του 10–20% ως προς την αρχική ξηρά ουσία (Wang et al., 2024).

Η πυρόλυση αποτελεί μια διεργασία θερμοχημικής αποδόμησης η οποία διεξάγεται σε υψηλές θερμοκρασίες υπό απόλυτα αναερόβιες συνθήκες. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την ανάκτηση ανανεώσιμης ενέργειας. Το βιοεξανθράκωμα (biochar), λόγω της εξαιρετικά πορώδους δομής του εμφανίζει υψηλή ικανότητα επιφανειακής προσρόφησης περιορίζοντας τις καθαρές ατμοσφαιρικές εκπομπές.

Η αεριοποίηση είναι μια θερμοχημική μέθοδος μερικής οξείδωσης, η οποία μετατρέπει τη βιομάζα σε αέριο καύσιμο (syngas) σε υψηλές θερμοκρασίες, παρουσία ελεγχόμενης ποσότητας οξυγόνου ή ατμού και χωρίς την καύση. Η υδροθερμική απανθράκωση (HTC) χαρακτηρίζεται ως μια καινοτόμο θερμοχημική διεργασία, η οποία μετατρέπει υγρά οργανικά υποστρώματα σε hydrochar, δηλαδή ένα στερεό καύσιμο με δομή ανάλογη του γαιάνθρακα (Dai et al., 2023).

Πέρα από τις συμβατικές τεχνολογίες διαχείρισης, αναπτύχθηκε τα τελευταία έτη η μέθοδος της εντομολογικής βιομετατροπής αποβλήτων. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την παραγωγή εναλλακτικών πρωτεϊνικών πηγών, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις απαιτήσεις σε γη και ενέργεια, ενώ ταυτόχρονα περιορίζει το αποτύπωμα άνθρακα. Η χρήση του δίπτερου *Hermetia illucens* (Black Soldier Fly - BSF) εξασφαλίζει υψηλά ποσοστά συγκράτησης θρεπτικών συστατικών και ελαχιστοποιεί τις απώλειες άνθρακα και αζώτου συγκριτικά με την κλασική κομποστοποίηση. Λόγω του υψηλού ρυθμού κατανάλωσης βιοαποβλήτων, η τεχνολογία BSFL συγκεντρώνει έντονο παγκόσμιο ερευνητικό ενδιαφέρον. Το σταθεροποιημένο οργανικό υπόλειμμα της εκτροφής (frass) αξιοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό, ενώ η συγκομιδή των προνυμφών αποδίδει ένα εξαιρετικά πλούσιο κλάσμα πρωτεϊνών και λιπιδίων, κατάλληλο για την παραγωγή βιοκαυσίμων (biodiesel) και ζωοτροφών. Για τη βελτιστοποίηση της διεργασίας, η προσθήκη δομικών υλικών ή ορυκτών προσθέτων επιτρέπει τη ρύθμιση του λόγου C/N και του ρυθμού αερισμού του υποστρώματος (Elkadaoui, et al., 2024).

3.4. Νέες τάσης αξιοποίησης OFMSW στην κυκλική οικονομία

3.4.1 Βιοπλαστικά

Σε μελέτες διερευνάται η παραγωγή βιοπλαστικών μέσω της σύνθεσης οργανικών οξέων από το OFMSW. Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι ελπιδοφόρα, ωστόσο η διεργασία απαιτεί περαιτέρω βελτιστοποίηση. Με εξαίρεση τη μελέτη, λες οι υπόλοιπες εφάρμοσαν παρόμοιες διαδικασίες. Αρχικά το OFMSW υποβλήθηκε σε ζύμωση και ακολούθησε η επιλογή της κατάλληλης μικροβιακής καλλιέργειας, δηλαδή των ειδών που παράγουν PHAs. Δηλαδή, η υγρή εκροή που εμπεριείχε τα οργανικά οξέα της αρχικής ζύμωσης σε συνδυασμό με τη μικροβιακή καλλιέργεια πραγματοποίησαν την παραγωγή PHAs.. Το παραγόμενο πολυμερές PHA, αποτελούνταν από τα συμπολυμερή του, δηλαδή το PHB (πολυδροξυβουτυρικό) και το PHV (πολυδροξυβαλερικό) (Liu et al., 2020).

Σε άλλες εργασίες διερευνήθηκαν διαφορετικές στρατηγικές για τη βελτιστοποίηση της διεργασίας και την αύξηση της απόδοσης παραγωγής των PHAs. Για παράδειγμα, στη μελέτη των Hafuka et al. εξετάστηκαν διαφορετικά σχήματα τροφοδοσίας του υγρού ζύμωσης, αποδεικνύοντας ότι το σχήμα συνεχούς τροφοδοσίας (continuous-feeding) παρουσίασε την υψηλότερη απόδοση. Οι Wu et al. διαπίστωσαν ότι ο εμπλουτισμός των καλλιεργειών που συσσωρεύουν PHAs με υποστρώματα πλούσια σε προπιονικά οξέα αύξησε την παραγωγή του πολυμερούς. Οι Amulya et al. εξέτασαν διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας κατά τον εμπλουτισμό και την παραγωγή PHAs, συμπεραίνοντας ότι η διάρκεια του κύκλου αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την παραγωγή και τη σύσταση του πολυμερούς. Εντούτοις, η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάλυση και άλλων στρατηγικών για την ενίσχυση της απόδοσης (Salam et. al., 2025). Οι αποδόσεις αξιοποίησης υπολογίστηκαν από 27 έως 115 g/kg ξηράς μάζας OFMSW. Τέλος, η εφαρμογή νανοσωματιδίων οξειδίου του ψευδαργύρου ως καταλύτη για τη σύνθεση έδειξε να παράγει τις υψηλότερες αποδόσεις, δηλαδή 115 για ίνες PLA και 128 για πολυγαλακτικό οξύ - PLA (Bian et. al., 2022).

3.4.2 Παραγωγή βιοεντομοκτόνων από το OFMSW

Στο πεδίο των βιολογικών φυτοφαρμάκων, ο βάκιλος της Θουριγγίας (*Bacillus thuringiensis* - Bt) αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα και μελετημένα

στελέχη, με εφαρμογές που εκτείνονται από τη γεωργία και τη δασοκομία έως τη δημόσια υγεία. Εντούτοις, η συμβατική βιομηχανική παραγωγή του Bt προσκρούει συχνά στο υψηλό κόστος των πρώτων υλών, στις απαιτούμενες κεφαλαιουχικές επενδύσεις για εξοπλισμό και στις περίπλοκες λειτουργικές διαδικασίες. Στο πλαίσιο αυτό, η αξιοποίηση των βιοδυλιστηρίων OFMSW προσφέρει μια εξαιρετικά ανταγωνιστική και οικονομικά βιώσιμη εναλλακτική λύση.

Οι Zhang et al., εφάρμοσαν τη μέθοδο της ημι-στερεάς ζύμωσης, επιτυγχάνοντας σημαντικά υψηλότερη απόδοση ανάκτησης συγκριτικά με προσεγγίσεις που βασίστηκαν σε ζύμωση στερεάς κατάστασης (SSF) . Στους αντιδραστήρες SSF, η μικροβιακή ανάπτυξη πραγματοποιείται απευθείας πάνω στο στερεό υπόστρωμα χωρίς την παρουσία ελεύθερου νερού. Αν και η τεχνολογία SSF υπερέχει της κλασικής εμβαπτισμένης ζύμωσης (submerged fermentation) ως προς την παραγωγικότητα, τη σταθερότητα των προϊόντων και τον περιορισμό των εκλυόμενων ρύπων, η υψηλή συγκέντρωση σακχάρων στο υπόστρωμα προκαλεί φαινόμενα παρεμπόδισης και μειώνει την απόδοση μεταφοράς μάζας. Αντίθετα, η αύξηση της υγρασίας του υποστρώματος προς μια ημι-στερεά κατάσταση ζύμωσης φαίνεται να εξαλείφει αυτούς τους περιορισμούς, ενισχύοντας την τελική απόδοση (Salam et. al., 2025).

3.4.3. Παραγωγή ενζύμων

Τα ένζυμα αποτελούν πρωτεϊνικά μακρομόρια με καταλυτική δράση σε βιοχημικές διεργασίες, όπως η υδρολυτική διάσπαση της κυτταρίνης σε γλυκόζη. Στα συστήματα βιοδυλιστηρίων, η παρουσία τους είναι καταλυτική για την παραγωγή βιοκαυσίμων και χημικών προϊόντων ευρείας χρήσης (bulk chemicals), καθώς καθορίζει τόσο την ταχύτητα όσο και τη συνολική απόδοση των εμπλεκόμενων αντιδράσεων.

Η συμβατική, ωστόσο, παραγωγή ενζύμων παραμένει μια δαπανηρή διαδικασία, εξέλιξη που αποδίδεται κυρίως στο υψηλό κόστος των υποστρωμάτων που απαιτούνται για την ανάπτυξη των μικροβιακών καλλιεργειών . Για τον λόγο αυτό, η υιοθέτηση του OFMSW ως εναλλακτικού υποστρώματος αποτελεί ένα αποφασιστικό βήμα προς την κατεύθυνση της οικονομικής εξυγίανσης και βελτιστοποίησης των βιοδυλιστηρίων.

Μια σειρά από μελέτες αξιοποίησαν μεικτά υπολείμματα τροφίμων ως πρώτη ύλη για την ενζυμική παραγωγή μέσω της τεχνολογίας SSF, επιστρατεύοντας κατάλληλους μικροοργανισμούς και μύκητες. Μέσω αυτών των προσεγγίσεων αναπτύχθηκαν οικονομικά και βελτιστοποιημένα θρεπτικά υποστρώματα, τα οποία επέτρεψαν την ενισχυμένη παραγωγή ενός ολοκληρωμένου συστήματος κυτταρινασών με τη χρήση μιας πρώτης ύλης μηδενικού κόστους. Μάλιστα, ο ρυθμός απελευθέρωσης σακχάρων από το OFMSW αποδείχθηκε εφάμιλλος με εκείνον των αντίστοιχων εμπορικών ενζυμικών σκευασμάτων, επιβεβαιώνοντας τη βιωσιμότητα της μεθόδου (Ren et al., 2022).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΣΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ

4.1. Οργανικά απόβλητα ως πόρος – «Απόβλητο σε αξία»

Η κεντρική ιδέα της κυκλικής οικονομίας είναι η αντίληψη πως η αξία των υλικών και των προϊόντων διατηρείται όσο το δυνατόν υψηλότερη για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτό συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της ανάγκης για εισροή νέων υλικών και ενέργειας, μειώνοντας έτσι την περιβαλλοντική πίεση που συνδέεται με τον κύκλο ζωής των προϊόντων, δηλαδή από την εξόρυξη των πόρων, μέσω της παραγωγής και της χρήσης, έως το τέλος του κύκλου ζωής τους. Η έννοια καλύπτει όλες τις πτυχές της οικονομικής δραστηριότητας, από την εξόρυξη των πόρων μέσω της παραγωγής, της αποθήκευσης και της κατανάλωσης, καταλήγοντας στη διάθεση ή, ιδανικά, στην ανακύκλωση. Ο βασικός στόχος είναι να κλείσουν οι κύκλοι ώστε τα απόβλητα να μετατραπούν ξανά σε πόρο (EPRS, 2017)

Συνεπώς, η προσέγγιση του OFMSW ως «αποβλήτου αξίας» και όχι ως απλού απορρίμματος αποτελεί έναν από τους βασικότερους πυλώνες της Κυκλικής Οικονομίας και της Βιοοικονομίας. Τέλος, η στροφή προς την κυκλική διαχείρισή του βασίζεται στην ιδέα της βιοδιύλισης (biorefinery), όπου η σύνθετη χημική δομή του, όπως άμυλο, κυτταρίνη, πρωτεΐνες και λίπη μετατρέπονται σε προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, κλείνοντας τον βιολογικό κύκλο των πόρων (Kokkinos et al., 2025).

4.2. Παραδείγματα κυκλικών εφαρμογών στην ΕΕ

Στην Ιταλία εφαρμόζεται εδώ και δύο τουλάχιστον δεκαετίες η Μηχανική-Βιολογική Επεξεργασία (MBE) για τη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων. Πλέον διαθέτει ένα εκτεταμένο δίκτυο που είναι άνω των 120 μονάδων MBE, οι οποίες αναλαμβάνουν τη διαχείριση του 22,4% του συνολικού όγκου των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ). Το 2010, οδηγήθηκαν προς επεξεργασία περίπου 8 εκατομμύρια τόνοι σύμμεικτων αστικών απορριμμάτων. Από τη συνολική αυτή μάζα, το 34% ανακτάται με σκοπό την ανακύκλωση, το 23% μετατρέπεται σε σταθεροποιημένο υλικό χαμηλής ποιότητας, γνωστό ως «γκρίζο» κομπόστ, ενώ ένα ποσοστό της τάξης

του 10% αξιοποιείται για την παραγωγή ενέργειας. Επιπλέον, το ένα τέταρτο σχεδόν των υπό επεξεργασία αποβλήτων, δηλαδή το 24%, καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής (EoRPA, 2024). Σε ότι αφορά το οικονομικό σκέλος, το κόστος που σχετίζεται με την αποκομιδή των ΑΣΑ παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις ανάλογα με την περιφέρεια και τον εκάστοτε δήμο. Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα των διεργασιών MBE είναι ότι τα ανακυκλώσιμα υλικά που προκύπτουν από τη μηχανική διαλογή σύμμεικτων απορριμμάτων υστερούν ποιοτικά σε σχέση με εκείνα που συλλέγονται μέσω διαλογής στην πηγή. Αυτή η ποιοτική υποβάθμιση περιορίζει τις προοπτικές διοχέτευσής τους σε εμπορικές αγορές υψηλής οικονομικής αξίας. Αν και η MBE επιτρέπει τον διαχωρισμό των μετάλλων, η αποτελεσματικότητα της ανάκτησης επηρεάζεται από το γεγονός ότι δεν συμμετέχουν όλα τα νοικοκυριά στη διαλογή, καθώς στην Ιταλία μόλις το 69% των πολιτών προχωρά σε περιστασιακό διαχωρισμό των επικίνδυνων οικιακών αποβλήτων, όπως οι μπαταρίες. Αντίστοιχα, η ανάκτηση του γυαλιού από τις μονάδες MBE απαιτεί την εγκατάσταση εξειδικευμένων συστημάτων αυτόματου διαχωρισμού ή τη χρήση χειρονακτικής εργασίας, η οποία αυξάνει το λειτουργικό κόστος (EoRPA, 2024).

Παρόμοια προβλήματα χαμηλής εμπορικής αξίας αντιμετωπίζει και το ανακτώμενο χαρτί, το οποίο, λόγω της χαμηλής του ποιότητας, συχνά μετατρέπεται σε εναλλακτικά καύσιμα, όπως το καύσιμο προερχόμενο από απορρίμματα (RDF) ή το στερεό ανακτημένο καύσιμο (SRF). Τα δευτερογενή αυτά καύσιμα συμβάλλουν στην ενεργειακή αξιοποίηση και την υποκατάσταση των ορυκτών πόρων. Ενδεικτικά, το 2010 η παραγωγή στην Ιταλία ανήλθε σε 1,07 εκατομμύρια τόνους, με το 16% SRF της ποσότητας αυτής να καταναλώνεται ως εναλλακτική πηγή ενέργειας σε τσιμεντοβιομηχανίες. Η οικονομική αξία του RDF στην ιταλική αγορά διαμορφώνεται στα 17,1 ευρώ ανά τόνο, παρουσιάζοντας τεράστια απόκλιση από τα δεδομένα της υπόλοιπης Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπου οι τιμές μπορούν να κυμανθούν από 99 έως 117 ευρώ ανά τόνο (EoRPA, 2024).

Οι σταθεροποιημένες οργανικές εκροές των μονάδων MBE, οι οποίες προσομοιάζουν με κομπόστ, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εδαφοβελτιωτικό, εξαιτίας της πιθανής παρουσίας προσμείξεων, όπως βαρέα μέταλλα, υπολείμματα πλαστικών και θραύσματα μετάλλων. Για τον λόγο αυτό, οι εν λόγω ροές αξιοποιούνται κυρίως για την αποκατάσταση υποβαθμισμένων εδαφών ή ως υλικό καθημερινής επικάλυψης σε

ΧΥΤΑ. Στο περιβαλλοντικό πεδίο, η MBE επιτυγχάνει τη μείωση του αρχικού οργανικού άνθρακα κατά 40-60%, γεγονός που θεωρητικά μπορεί να περιορίσει τις εκπομπές μεθανίου έως και κατά 90% σε σύγκριση με την απευθείας υγειονομική ταφή (EoRPA, 2024).

Οι σύγχρονες κατευθυντήριες γραμμές στην Ευρωπαϊκή Ένωση την ώθησαν σε σημαντικές επενδύσεις για την ίδρυση νέων εργοστασίων επεξεργασίας απορριμμάτων και στον εκσυγχρονισμό των παλαιότερων υποδομών, με απώτερο σκοπό την ελαχιστοποίηση της υγειονομικής ταφής και τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης αξιοποιήσιμων πόρων, σύμφωνα με τους βασικούς πυλώνες της κυκλικής οικονομίας. Η βελτιστοποίηση αυτών των συστημάτων προϋποθέτει τη χωριστή συλλογή των επιμέρους ρευμάτων, μια διεργασία που αυξάνει σημαντικά τόσο τον όγκο όσο και την ποιοτική καθαρότητα των υλικών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεσματικής εφαρμογής αυτού του μοντέλου αποτελεί το Μιλάνο όπου η καθιέρωση του συστήματος συλλογής «πόρτα-πόρτα» οδήγησε στη χωριστή συγκέντρωση 105 κιλών οργανικών αποβλήτων ανά κάτοικο ετησίως, προσεγγίζοντας το μέγιστο θεωρητικό όριο των 120 κιλών. Αντίστοιχα, στο Τρεβίζο, η δημόσια εταιρεία διαχείρισης Contarina αύξησε το ποσοστό της χωριστής συλλογής στο 85% κατά βάρος, τη στιγμή που ο αντίστοιχος μέσος όρος στο σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιορίζεται περίπου στο 40% (PAAEY,2025).

Η Σλοβενία αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα στην ΕΕ. Από το 2004 η χώρα έχει προοδεύσει από μια κατάσταση όπου έθαβε το μεγαλύτερο μέρος των αποβλήτων της, στο παρόν όπου ορισμένοι από τους στόχους που έχουν τεθεί από την ΕΕ για το 2030 στο Πακέτο για την Κυκλική Οικονομία έχουν σχεδόν επιτευχθεί. Το εθνικό σχέδιο διαχείρισης αστικών αποβλήτων περιλάμβανε χωριστή συλλογή, περιφερειακές μονάδες βιολογικής επεξεργασίας (MBE) και δύο μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις αποτέφρωσης. Οι δύο τελευταίες δεν κατασκευάστηκαν, διότι η χωριστή συλλογή και τα αυξανόμενα ποσοστά ανάκτησης τις κατέστησαν περιττές. Υπάρχει μια μονάδα θέρμανσης MBE στο Τσέλιε (Celje) που εκτρέπει τα αστικά απόβλητα. Το 2015 κατασκευάστηκε ένα περιφερειακό κέντρο διαχείρισης αποβλήτων κοντά στη Λιουμπλιάνα, το οποίο περιλαμβάνει 37 δήμους και εξυπηρετεί περίπου το ένα τρίτο του πληθυσμού της Σλοβενίας. Η επιτυχία των ποσοστών ανακύκλωσης στη Σλοβενία, βασίζεται στη χωριστή συλλογή. Εφαρμόζεται κυρίως

μέσω συλλογής «πόρτα-πόρτα» για το χαρτί, το γυαλί και τα βιολογικά απόβλητα, μέσω μεικτής συλλογής «πόρτα-πόρτα» για το πλαστικό και το μέταλλο, και μέσω άλλων δευτερευόντων συστημάτων, όπως κοινόχρηστα σημεία συγκέντρωσης, πράσινα σημεία ή συστήματα επιστροφής από παραγωγούς/εμπόρους λιανικής (DG ENV, 2015). Η χώρα είναι μία από τις επτά στην ΕΕ των 28 όπου διαχωρίζει οκτώ τύπους αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων του χαρτιού, του πλαστικού, του γυαλιού, των επικίνδυνων οικιακών αποβλήτων, του μετάλλου, των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, των απορριμμάτων κουζίνας και των αποβλήτων κήπου. Η Λιουμπλιάνα αποτελεί μια ιδιαίτερα επιτυχημένη περίπτωση. Η διαχείριση των αποβλήτων πραγματοποιείται από τη δημόσια εταιρεία Snaga. Επιπλέον του συστήματος χωριστής συλλογής, έχει εισαχθεί μια χρέωση τύπου «πληρώνω όσο πετάω» (PAYT) από το 2000 για τα μεικτά αστικά απόβλητα και από το 2013 για τα συστήματα συλλογής «πόρτα-πόρτα.

Η Σουηδία επιτυγχάνει ένα υποδειγματικό επίπεδο αξιοποίησης των απορριμμάτων της, καθώς το 99,1% των αστικών αποβλήτων ανακυκλώνεται ή ανακτάται, περιορίζοντας την υγειονομική ταφή στο ελάχιστο ποσοστό του 0,9%. Η κυρίαρχη μέθοδος διαχείρισης είναι η ενεργειακή ανάκτηση, η οποία εφαρμόζεται στο 50% των αποβλήτων, δηλαδή σε 2.513.000 τόνους υπολειμματικών και ογκωδών απορριμμάτων. Η θερμική αυτή επεξεργασία παράγει 6.700 GWh ενέργειας για τηλεθέρμανση και 1.100 GWh ηλεκτρικής ενέργειας, καλύπτοντας τις ανάγκες θέρμανσης περισσότερων από 1.470.000 διαμερισμάτων και τις ανάγκες ηλεκτροδότησης άνω των 940.000 νοικοκυριών.

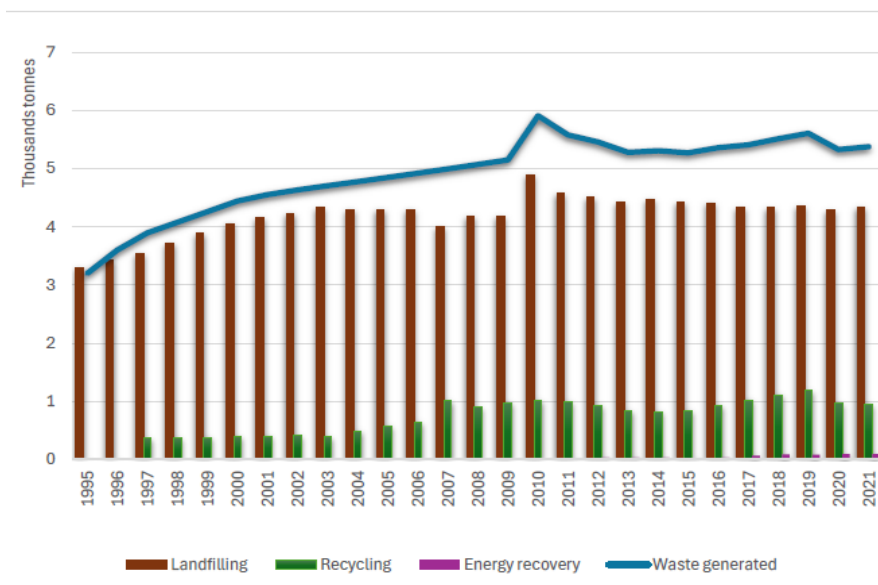
Η ανακύκλωση καταλαμβάνει το 34% του συνολικού όγκου, περιλαμβάνοντας 937.000 τόνους υλικών συσκευασίας, 466.000 τόνους υλικών από κέντρα ανακύκλωσης, καθώς και από 149.000 τόνους ανακυκλώσιμου χαρτιού και αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού μαζί με μπαταρίες. Τέλος, η βιολογική επεξεργασία αντιστοιχεί στο 15% του συνόλου, μεταφραζόμενη σε 748.000 τόνους οργανικών αποβλήτων κουζίνας και κήπου. Μέσα από τις διαδικασίες της αναερόβιας χώνευσης και της κομποστοποίησης, η ροή αυτή απέδωσε 250 GWh βιοαερίου κίνησης, ικανού να τροφοδοτήσει 20.000 οχήματα που διανύουν 15.000 χιλιόμετρα ετησίως, 20 GWh θερμότητας και ηλεκτρισμού, 408.000 τόνους χωνευμένου υπολείμματος και 311.000 τόνους κομπόστ.

Το μακροπρόθεσμο όραμα του οργανισμού Avfall Sverige συνοψίζεται στη στρατηγική «Zero Waste» (Μηδενικά Απόβλητα), θέτοντας την πρόληψη της δημιουργίας απορριμμάτων στην κορυφή της νομοθετικής ιεραρχίας. Στο πλαίσιο αυτό, καταγράφηκε μια ενθαρρυντική μείωση κατά 1,5% στα απόβλητα τροφίμων και τα σύμμεικτα υπολείμματα, τα οποία υποχώρησαν από τα 202 κιλά ανά άτομο το 2020 στα 199 κιλά το 2021. Η εξέλιξη αυτή κρίνεται θετική για την επίτευξη του κοινού στόχου «25/25», ο οποίος προβλέπει τη μείωση αυτών των όγκων κατά 25% μεταξύ των ετών 2015 και 2025.

Παράλληλα, η χωριστή συλλογή προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων στην πηγή σημείωσε αύξηση κατά 14% από το 2018 έως το 2021, ενώ η συλλογή υλικών και κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση ανήλθε σε 30.550 τόνους. Η επιτυχής λειτουργία αυτού του υποδείγματος βασίζεται στην ισορροπημένη κατανομή ευθυνών, όπου οι δήμοι εγγυώνται την ασφαλή και βιώσιμη συλλογή, ενώ οι πολίτες συμμετέχουν ενεργά μέσω της διαλογής και η βιομηχανία αναλαμβάνει την ευθύνη για τον ορθό σχεδιασμό και την παραγωγή των προϊόντων (Swedish Waste Management Association, 2021).

4.3. Προβλήματα εφαρμογής στην Ελλάδα

Όπως παρατηρείται και στην Εικόνα 4.1, η μεγαλύτερη ποσότητα των αποβλήτων που παράγονται οδηγούνται σε υγειονομική ταφή, η οποία βάσει των οδηγιών της Ε.Ε είναι μια από τις λιγότερο επιθυμητές μεθόδους. Ωστόσο, προκύπτει ότι η ανακύκλωση έχει αυξηθεί σημαντικά, αν και την τελευταία διετία παρουσιάζει μια ελαφρά μειωτική τάση. Από την άλλη πλευρά η αξιοποίηση αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας, που ξεκίνησε μόλις το 2013, βρίσκεται σε πολύ χαμηλά ποσοστά. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει ένα μικρό ποσοστό απορριμμάτων τα οποία διαχειρίστηκαν με άλλους τρόπους, όπως οι αποστολές σε άλλες χώρες. Η Ελλάδα βρίσκεται μακριά από την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί για τα απόβλητα για το 2025. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην έλλειψη επαρκούς δικτύου σύγχρονων εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων, καθώς και στην αδυναμία εφαρμογής σε ευρεία κλίμακα της χωριστής διαλογής αποβλήτων.



Εικόνα 4.1. Διαχείριση ΑΣΑ στην Ελλάδα. Waste generated (PAAEY,2025)

Παρά την πλήρη εναρμόνιση του εθνικού δικαίου με τις θεμελιώδεις ευρωπαϊκές οδηγίες ,συμπεριλαμβανομένης της Οδηγίας-Πλαισίου για τα Απόβλητα (2008/98/EK) και του Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (2020), η απουσία αποτελεσματικών ελεγκτικών μηχανισμών και οι συστηματικές αποκλίσεις κατά την εφαρμογή της πολιτικής παρεμποδίζουν τη μετάβαση στο νέο πρότυπο (Selimi, G. 2025).

Η έλλειψη στιβαρών εργαλείων συμμόρφωσης συνεπάγεται υψηλά ποσοστά παραβατικότητας τόσο σε επίπεδο εμπορικών οντοτήτων όσο και σε επίπεδο Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), ιδίως όσον αφορά την επίτευξη των ποσοτικών στόχων για τη διαλογή στην πηγή και την εκτροπή των αποβλήτων από τους χώρους ταφής (Parageorgiou, 2021.). Επιπλέον, το φαινόμενο της ανεξέλεγκτης και παράνομης διάθεσης απορριμμάτων, σε συνδυασμό με την πλημμελή λειτουργία των υφιστάμενων Χώρων Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ), παραμένει φλέγον ζήτημα, παρά τις ρητές δεσμεύσεις που απορρέουν από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή (1999/31/EK) (Selimi, 2025).

Παράλληλα, οι έντονες γεωγραφικές και περιφερειακές ανισότητες ως προς τη ρυθμιστική εποπτεία οδηγούν σε αποκλίνοντα ποιοτικά κριτήρια διαχείρισης μεταξύ των δήμων, υπονομεύοντας τη συνοχή των εθνικών στρατηγικών . Συνεπώς, κρίνεται επιτακτική η θεσμική θωράκιση του πλαισίου διακυβέρνησης μέσω της εντατικοποίησης των επιθεωρήσεων, της αυστηροποίησης του κυρωτικού πλαισίου

και της καθιέρωσης συστημάτων ψηφιακής ιχνηλάτησης των ρευμάτων αποβλήτων (Greek Ministry of Environment & Energy, 2023).

Το εγχώριο δίκτυο υποδομών διαχείρισης χαρακτηρίζεται από σημαντική υστέρηση, γεγονός που περιορίζει δραστικά τις δυνατότητες της χώρας για αποτελεσματική επεξεργασία, ανακύκλωση και υλική ανάκτηση. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα Κέντρων Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) και σύγχρονων Μονάδων Επεξεργασίας Αποβλήτων (MEA) αντανακλάται στο χαμηλό εθνικό ποσοστό ανακύκλωσης, το οποίο καθιλώνεται περίξ του 20%, έναντι του ευρωπαϊκού μέσου όρου που αγγίζει το 48% (EC, 2023).

Επιπροσθέτως, το σοβαρό έλλειμμα σε υποδομές αναερόβιας χώνευσης και θερμόφιλης κομποστοποίησης παρεμποδίζει την ενεργειακή και υλική αξιοποίηση (valorization) των βιοαποβλήτων. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε υψηλά ποσοστά ταφής του οργανικού κλάσματος, το οποίο καταλαμβάνει περίπου το 65% του όγκου των αστικών στερεών αποβλήτων. Η μειωμένη ενσωμάτωση ψηφιακών εργαλείων γεωγραφικού εντοπισμού και τηλεμετρίας κατά τη συλλογή και τη διαλογή υποβαθμίζει τα logistics των αποβλήτων και αυξάνει τους δείκτες επιμόλυνσης των ανακυκλώσιμων ρευμάτων. Η στρατηγική επέκταση των υποδομών διαλογής, σε συνδυασμό με την ορθολογική ενσωμάτωση τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης (Waste-to-Energy - WtE), συνιστά κομβικό βήμα για την ελαχιστοποίηση της υγειονομικής ταφής (Papadopoulos, 2022).

Επιπρόσθετα, η ενεργός συμμετοχή των πολιτών αποτελεί βασικό πυλώνα για την επιτυχία της κυκλικής οικονομίας· εντούτοις, τα ελλειπή επίπεδα περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης στην Ελλάδα συνιστούν τροχοπέδη. Σύμφωνα με δεδομένα, μόλις το 30% των ελληνικών νοικοκυριών εφαρμόζει συστηματικά πρακτικές διαλογής στην πηγή, τη στιγμή που σε χώρες με ώριμα συστήματα, όπως η Γερμανία και η Σουηδία, το αντίστοιχο ποσοστό αγγίζει το 70% (Kalogeropoulos, 2021).

Η απουσία στοχευμένων προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και η έλλειψη ανταποδοτικών κινήτρων μειώνουν το ενδιαφέρον του κοινωνικού συνόλου για συμμετοχή σε άλογες δράσεις. Επιπλέον, οι καταναλωτικές τάσεις εξακολουθούν να ευνοούν τη χρήση πλαστικών μιας χρήσης, παρά την αυστηροποίηση του θεσμικού πλαισίου μέσω της ενσωμάτωσης της σχετικής Ευρωπαϊκής Οδηγίας (2019/904/ΕΕ).

Η εφαρμογή εκτεταμένων εκστρατειών ενημέρωσης, η θεσμοθέτηση συστημάτων εγγυοδοσίας, η επιχειρησιακή εφαρμογή του μοντέλου «Πληρώνω όσο Πετάω» και η παροχή οικονομικών κινήτρων κρίνονται απαραίτητες για τον αναπροσανατολισμό των καταναλωτικών προτύπων (Selimi, 2025).

4.4. Δυνατότητες και προοπτικές

Η οργανωτική αναδομή του συστήματος Διευρυμένης Ευθύνης του Παραγωγού (EPR) αποτελεί αναγκαία συνθήκη για τη δημιουργία ισχυρών κινήτρων στην εγχώρια αγορά δευτερογενών υλικών και την προώθηση του οικολογικού σχεδιασμού (eco-design) (EC, 2023).

Η επέκταση των υποχρεώσεων EPR σε αναδυόμενες ροές αποβλήτων, όπως τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), δύναται να αναβαθμίσει σημαντικά τους δείκτες υλικής ανάκτησης. Παράλληλα, η θέσπιση στοχευμένων φορολογικών ελαφρύνσεων για επιχειρήσεις που ενσωματώνουν κυκλικά πρότυπα, καθώς και η επιδότηση περιβαλλοντικά φιλικών υλικών συσκευασίας, αναμένεται να προσελκύσουν στρατηγικές επενδύσεις. Τέλος, η απόλυτη εναρμόνιση των εθνικών ποσοτικών στόχων με τις αυστηρές ευρωπαϊκές προδιαγραφές (π.χ. Οδηγία 2018/851/EK) κρίνεται απαραίτητη για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (OECD, 2022).

Η ορθολογική αξιοποίηση των Ευρωπαϊκών Διαρθρωτικών και Επενδυτικών Ταμείων, καθώς και του Μηχανισμού Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, προσφέρει μια μοναδική χρηματοδοτική ευκαιρία για τη γεφύρωση του υφιστάμενου ελλείμματος υποδομών. Η στρατηγική κατεύθυνση κονδυλίων ύψους 5 δισεκατομμυρίων ευρώ έως το 2030 για την ανέγερση προηγμένων Μονάδων Επεξεργασίας Αποβλήτων (MEA) και ολοκληρωμένων κόμβων ανακύκλωσης θα βελτιώσει δραστικά την απόδοση του κλάδου. Η παράλληλη ενίσχυση της δυναμικότητας των υποδομών διαχείρισης βιοαποβλήτων, μέσω της κατασκευής σύγχρονων εργοστασίων θερμόφιλης κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης, θα περιορίσει την εξάρτηση από την υγειονομική ταφή. Σε τεχνολογικό επίπεδο, η ενσωμάτωση αυτοματοποιημένων συστημάτων διαλογής με τη χρήση αλγορίθμων τεχνητής

νοημοσύνης (AI) εγγυάται τη μεγιστοποίηση της καθαρότητας των ανακτώμενων υλικών (Papadimitriou, 2022).

Η επιτυχής μετάβαση στο κυκλικό υπόδειγμα προϋποθέτει τη συγκρότηση ενός δικτύου συνεργασίας μεταξύ των κρατικών φορέων, των βιομηχανικών εταιρών και της κοινωνίας των πολιτών. Οι συμπράξεις μεταξύ του ιδιωτικού τομέα, των επιχειρήσεων διαχείρισης αποβλήτων και των πανεπιστημιακών ιδρυμάτων μπορούν να λειτουργήσουν ως καταλύτες για την προώθηση της οικο-καινοτομίας. Συγχρόνως, οι αποκεντρωμένες, συμμετοχικές πρωτοβουλίες σε τοπικό επίπεδο ενισχύουν τη διαλογή στην πηγή και καλλιεργούν πρακτικές πρόληψης. Τέλος, η ανάπτυξη διασυνοριακών δικτύων συνεργασίας με ευρωπαϊκούς φορείς διευκολύνει τη μεταφορά τεχνογνωσίας και την προσέλκυση ξένων άμεσων επενδύσεων (Greek Waste Management Association, 2023).

4.5. Πολιτικές προτάσεις

Η εδραίωση ενός πλήρως λειτουργικού υποδείγματος κυκλικής οικονομίας στην Ελλάδα προϋποθέτει τη συγκρότηση ενός συνεκτικού θεσμικού πλαισίου, την κλιμάκωση των επενδύσεων σε υποδομές αιχμής και την καλλιέργεια μιας νέας περιβαλλοντικής συμπεριφοράς τόσο από την πλευρά των καταναλωτών όσο και από την πλευρά του επιχειρηματικού κόσμου. Η άρση των διαρθρωτικών στρεβλώσεων στη διαχείριση των αποβλήτων και η ενίσχυση της αποδοτικότητας των πόρων αποτελούν θεμελιώδεις παραμέτρους για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της χώρας.

Στο πλαίσιο αυτό, κρίνεται επιβεβλημένη η θεσμική ενδυνάμωση του συστήματος Διευρυμένης Ευθύνης του Παραγωγού (EPR). Η επιτάχυνση του Εθνικού Σχεδίου για την Κυκλική Οικονομία απαιτεί την άμεση ενεργοποίηση του συνόλου των 71 προβλεπόμενων δράσεων και πρωτοβουλιών μέσω Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων. Παράλληλα, η αυστηροποίηση των μηχανισμών λογοδοσίας των παραγωγών για τον περιορισμό της γένεσης αποβλήτων κρίνεται αναγκαία για την εναρμόνιση της χώρας με την ευρωπαϊκή Οδηγία-Πλαίσιο 2008/98/EK. Προς την ίδια κατεύθυνση, η προώθηση του οικολογικού σχεδιασμού (eco-design) μπορεί να διασφαλίσει την ανακυκλωσιμότητα και την επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων, καθώς η σχετική βιβλιογραφία υποδεικνύει ότι ο βελτιωμένος σχεδιασμός δύναται να περιορίσει τη

σπατάλη υλικών έως και κατά 30%. Η συστηματική παρακολούθηση της συμμόρφωσης με τα πρότυπα της Διευρυμένης Ευθύνης του Παραγωγού, στηριζόμενη σε δεδομένα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, αναμένεται να γεφυρώσει το χάσμα που χωρίζει την Ελλάδα, η οποία σημειώνει ποσοστό ανακύκλωσης συσκευασιών 54,1%, από τις πρωτοπόρους ευρωπαϊκές χώρες που ξεπερνούν το 60% (European Commission, 2023).

Ο τεχνολογικός εκσυγχρονισμός αποτελεί έναν ακόμη κρίσιμο πυλώνα, με τις επενδύσεις να κατευθύνονται σε ψηφιακά εργαλεία, όπως οι έξυπνοι κάδοι και τα αυτοματοποιημένα συστήματα διαλογής που βασίζονται στην Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), τα οποία μπορούν να αναβαθμίσουν την απόδοση των διεργασιών κατά 40%. Η ριζική αναβάθμιση των υποδομών, μέσω της κατασκευής σύγχρονων Κέντρων Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) και μονάδων αναερόβιας χώνευσης, είναι απαραίτητη για την ανατροπή του χαμηλού ποσοστού ανακύκλωσης της Ελλάδας που προσεγγίζει μόλις το 20%, όταν ο ευρωπαϊκός μέσος όρος διαμορφώνεται στο 48% και χώρες με προηγμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, όπως η Γερμανία ή η Ολλανδία, υπερβαίνουν το 65%. Αυτή η μετάβαση μπορεί να υποστηριχθεί από τη χρηματοδότηση της έρευνας και της καινοτομίας μέσω ευρωπαϊκών προγραμμάτων όπως το "Horizon Europe", το οποίο έχει δεσμεύσει 10 δισεκατομμύρια ευρώ για την πράσινη καινοτομία, δεδομένου ότι κάθε ένα δισεκατομμύριο ευρώ που επενδύεται σε κυκλικές στρατηγικές εκτιμάται ότι δημιουργεί περίπου 50.000 νέες θέσεις εργασίας (Eurobarometer, 2022).

Επιπλέον, η υλοποίηση εθνικών εκστρατειών ενημέρωσης κρίνεται επείγουσα, καθώς στην Ελλάδα μόνο το 30% των νοικοκυριών εφαρμόζει σταθερά τη διαλογή στην πηγή, σε αντίθεση με το 70% που καταγράφεται στη Γερμανία και τη Σουηδία, όπου τα προγράμματα αυτά έχουν οδηγήσει σε ποσοστά ανάκτησης αστικών αποβλήτων της τάξης του 99%. Η εισαγωγή οικονομικών κινήτρων, όπως τα συστήματα εγγυοδοτικής επιστροφής (Deposit-Return Schemes - DRS), έχει αποδειχθεί διεθνώς ότι μπορεί να εκτινάξει την ανακύκλωση πλαστικών φιαλών πάνω από το 90%, την ίδια στιγμή που οι αντίστοιχες επιδόσεις στην Ελλάδα περιορίζονται στο 30%. Η ανάπτυξη συνεργειών με την εκπαιδευτική κοινότητα, τις επιχειρήσεις και τις τοπικές κοινωνίες, στα πρότυπα επιτυχημένων ευρωπαϊκών μοντέλων όπως το σύστημα "FostPlus" του Βελγίου, μπορεί να εγγυηθεί εξαιρετικά υψηλά ποσοστά

ανακύκλωσης (έως και 95%) για τα απορρίμματα οικιακών συσκευασιών (Eurostat, 2023).

Τέλος, η ανάπτυξη διατομεακών συνεργασιών μεταξύ της δημόσιας διοίκησης, της βιομηχανίας και των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, κατά το παράδειγμα του «Οδικού Χάρτη» της Φινλανδίας, είναι ικανή να μεταβάλει το ποσοστό κυκλικής χρήσης υλικών της Ελλάδας, το οποίο βρίσκεται στο εξαιρετικά χαμηλό 3,1% έναντι του φινλανδικού 55%. Η διάχυση της τεχνογνωσίας μέσα από εξειδικευμένα δίκτυα και η προώθηση κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων, όπως η βιομηχανική συμβίωση και το «προϊόν ως υπηρεσία», μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα των πόρων κατά 50% στη βιομηχανία, προσφέροντας παράλληλα τεράστια οικονομική ώθηση, η οποία εκτιμάται ότι θα μπορούσε να προσθέσει 1,8 τρισεκατομμύρια ευρώ στην ευρωπαϊκή οικονομία έως το 2030 (Reloop, 2021).

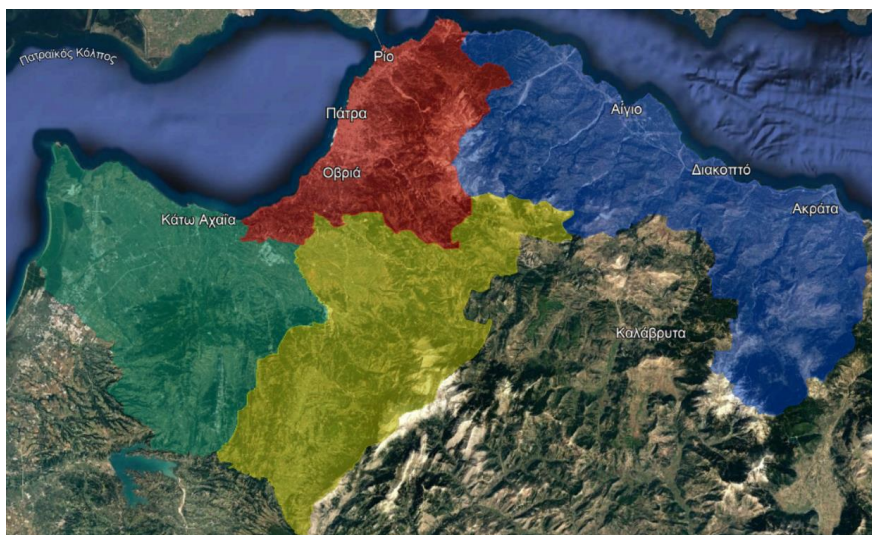
Συμπερασματικά, η συντονισμένη υιοθέτηση αυτών των πολιτικών θα επιτρέψει στην Ελλάδα να επιταχύνει τη μετάβασή της προς ένα βιώσιμο αναπτυξιακό πρότυπο. Μέσα από αυτή τη συλλογική προσπάθεια των φορέων χάραξης πολιτικής, των επιχειρήσεων και του κοινού, η χώρα μπορεί να επιτύχει μείωση της εξάρτησης από την υγειονομική ταφή κατά 25% και αύξηση της ανάκτησης υλικών κατά 15% έως το έτος 2030. Παράλληλα, σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα έως το 2035, η στρατηγική αυτή δύναται να ενισχύσει το εθνικό ΑΕΠ κατά 2% και να δημιουργήσει περισσότερες από 50.000 πράσινες θέσεις εργασίας (Selim, 2025).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ - ΔΗΜΟΣ ΠΑΤΡΩΝ

5.1. Περιγραφή της περιοχής μελέτης

Ο Δήμος Πατρέων υπάγεται στην Περιφερειακή Ενότητα Αχαΐας της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας. Συστάθηκε με το Πρόγραμμα «Καλλικράτης» από τη συνένωση των πρώην δήμων Πατρέων, Ρίου, Μεσσήτιδος, Παραλίας και Βραχναϊκών, με έδρα την Πάτρα. Η συνολική του έκταση ανέρχεται περίπου σε 333,14 km² και συνορεύει με τους Δήμους Αιγιαλείας, Δυτικής Αχαΐας και Ερυμάνθου. Η απόσταση του κέντρου της πόλης από την θέση Ξερόλακα όπου βρίσκεται ο Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) υπολογίζεται περίπου στα 8 km,



Εικόνα 5. 1. Ο Δήμος Πατρών (geodata.gov.gr)

Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου ανέρχεται σε 213.984 κατοίκους, παρουσιάζοντας αυξητική τάση 1,6% σε σχέση με την προηγούμενη απογραφή

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι στην καταγραφεί του πληθυσμού δεν περιλαμβάνονται κάτοικοι, όπως φοιτητές και στρατιωτικοί. Η δημοτική αρχή εκτιμά ότι ο πραγματικός πληθυσμός κυμαίνεται μεταξύ 250.000 και 280.000 ατόμων. Επιπλέον, ο συνολικός αριθμός των νοικοκυριών ανέρχεται σε 80.476, με το μέσο μέγεθος νοικοκυριού να διαμορφώνεται στα 2,66 μέλη.

Η κατανομή του μόνιμου πληθυσμού ανά Δημοτική Ενότητα (Δ.Ε.) εμφανίζει έντονη συγκέντρωση στο αστικό κέντρο, με τη Δ.Ε. Πατρών να συγκεντρώνει το 79,9% και ακολουθούν η Δ.Ε. Ρίου με 6,8%, η Δ.Ε. Μεσσήτιδος με 6,5%, η Δ.Ε. Παραλίας με 4,7% και η Δ.Ε. Βραχναΐκων με 2,2%.

Βάσει της απογραφής κτιρίων της ΕΛΣΤΑΤ, ο Δήμος Πατρών διαθέτει συνολικά 49.882 κτίρια. Η συντριπτική πλειονότητά τους, δηλαδή 45.024 κτίρια αφορά κατοικίες αποκλειστικής ή μικτής χρήσης. Η λοιπή καταγραφή κτιρίων και η χρήση αυτών παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1. Κατανομή κτιρίων ανά χρήση

Χρήση Κτιρίου	Αριθμός Κτιρίων
Κατοικία	45.024
Κατάστημα - Γραφείο	2.995
Εργοστάσιο - Εργαστήριο	339
Σχολικό κτίριο	269
Εκκλησία - Μοναστήρι	234
Ξενοδοχείο	41
Σταθμός αυτοκινήτων (Parking)	33
Νοσοκομείο - Κλινική κλπ.	26
Άλλη χρήση	921
Σύνολο Κτιρίων	49.882

5.2. Υφιστάμενη Κατάσταση

Η διεύθυνση καθαριότητας του Δήμου Πατρέων έχει την ευθύνη για τη διαχείριση του κύριου όγκου των παραγόμενων ΑΣΑ, ο οποίος περιλαμβάνει τα σύμμεικτα, τα ογκώδη, τα πράσινα (κήπων) καθώς και τα ανακυκλώσιμα υλικά.

Η τελική διάθεση των σύμμεικτων αποβλήτων πραγματοποιείται στον ΧΥΤΑ της Πάτρας, στη θέση Ξερόλακκα. Στην ίδια τοποθεσία εδρεύει και το Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ), όπου μεταφέρονται τα υλικά της ανακύκλωσης για περαιτέρω επεξεργασία. Παράλληλα, εφαρμόζονται προγράμματα διαλογής στην πηγή για επιμέρους ρεύματα, όπως οι συσκευασίες, το χαρτί, το γυαλί και τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).

Για τον προσδιορισμό του ετήσιου όγκου των ΑΣΑ, αξιοποιούνται τα δεδομένα ζύγισης από τον ΧΥΤΑ και το ΚΔΑΥ, ενώ για τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα ρεύματα, όπως χαρτί, γυαλί κ.λπ. τα στοιχεία αντλούνται από τα εγκεκριμένα Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ) που συνεργάζονται με τον Δήμο ή με ιδιωτικούς φορείς.

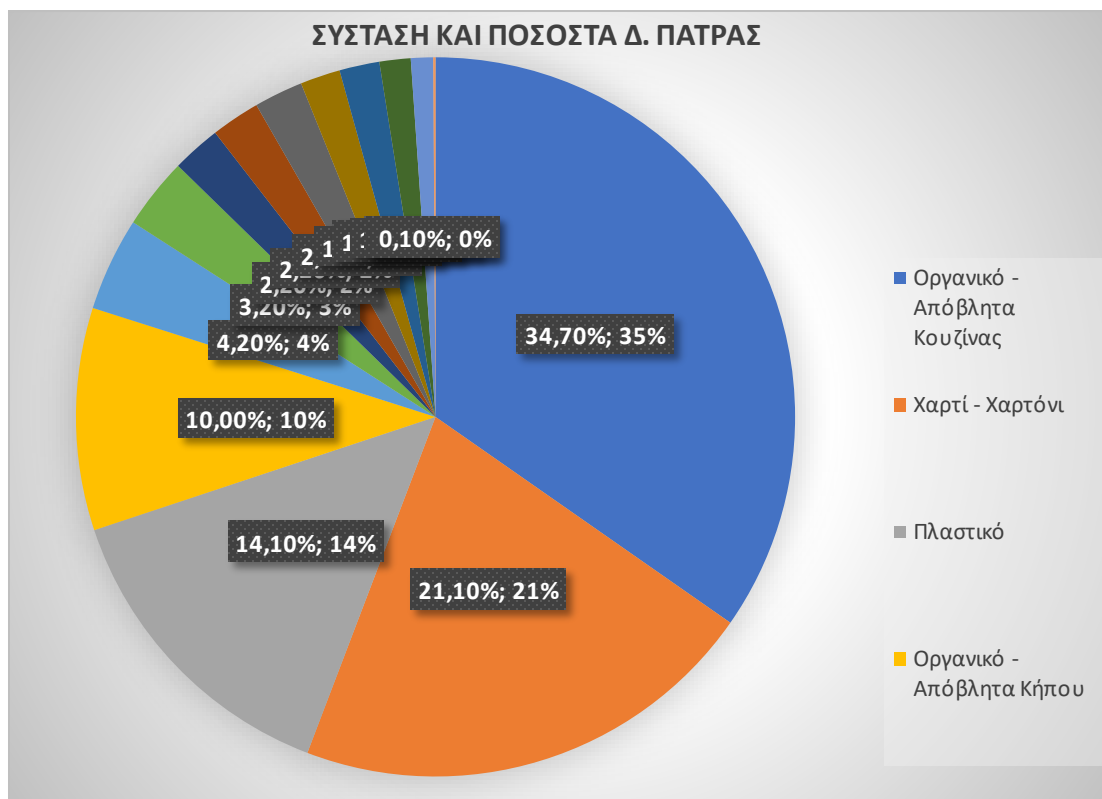
Η κατά βάρος (% κ.β.) αναλογία των υλικών καθώς και η αντίστοιχη ποσοτική τους αποτίμηση σε τόνους για το έτος 2025 αποτυπώνονται αναλυτικά στον Πίνακα 5.2. Όπως προκύπτει από τα δεδομένα, το οργανικό κλάσμα που περιλαμβάνει τα βιοαπόβλητα κουζίνας και κήπου αποτελεί το κυρίαρχο ρεύμα, ακολουθούμενο από τα ανακυκλώσιμα υλικά χαρτί-χαρτόνι και πλαστικά.

Πίνακας 5.2: Σύσταση και εκτιμώμενες ποσότητες παραγωγής ΑΣΑ του Δ. Πατρέων για το 2025 (Δήμος Πατρέων, 2023)

Ρεύμα ΑΣΑ	Ποσοστό Σύστασης (% κ.β.)	Παραγόμενες Ποσότητες (t)
Οργανικό - Απόβλητα Κουζίνας	34,7%	35.488
Χαρτί - Χαρτόνι	21,1%	21.638
Πλαστικό	14,1%	14.470
Οργανικό - Απόβλητα Κήπου	10,0%	10.238
Γυαλί	4,2%	4.277
Ξύλο	3,2%	3.267
Υφάσματα	2,2%	2.285

Ογκώδη	2,2%	2.213
ΑΗΗΕ (Απόβλητα Ηλεκτρικού & Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού)	2,2%	2.213
Μέταλλο - Fe (Σιδηρούχα)	1,8%	1.887
Λοιπά	1,8%	1.873
Οργανικό - Απόβλητα βρώσιμων λιπών & ελαίων	1,4%	1.414
Μέταλλο - Al (Αλουμίνιο)	1,0%	1.004
ΜΠΕΑ (Μικρές Ποσότητες Επικίνδυνων Αποβλήτων)	0,1%	111
ΣΥΝΟΛΟ	100,0%	102.376

Στην ακόλουθη Εικόνα 5.2 παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της σύστασης αλλά και τα ποσοστά των ΑΣΑ που αφορούν το Δ. Πατρών.



Εικόνα 5.2. Γραφική απεικόνιση της σύστασης και ποσοστών ΑΣΑ που αφορούν το Δ. Πατρών

Στην περιφέρεια του Δ. Πατρών εφαρμόζονται δράσεις με στόχο τη χωριστή συλλογή των ΑΣΑ. Οι δράσεις αυτές αναπτύσσονται σε στενή συνεργασία με θεσμοθετημένα Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ) και εξειδικεύονται ανά ρεύμα υλικού ως εξής:

- **Απόβλητα Συσκευασιών και Λοιπά Ανακυκλώσιμα Υλικά:** Για την εναλλακτική διαχείριση των δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας, δηλαδή χαρτί, πλαστικό, μέταλλα, γυαλί, ο Δήμος σε συνεργασία με την Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης Α.Ε. (ΕΕΑΑ). Πέρα από το βασικό δίκτυο, το πρόγραμμα ενισχύεται από τη λειτουργία διακριτού δικτύου με μπλε κώδωνες για τη χωριστή συλλογή γυάλινων μπουκαλιών, καθώς και ειδικών κίτρινων κάδων για τη συλλογή εντύπου χαρτιού και χαρτοκιβωτίων.
- **Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και Λαμπτήρες:** Σε συνεργασία με τον φορέα «Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε.», υλοποιείται πρόγραμμα χωριστής συλλογής και μεταφοράς παλαιών ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών συσκευών και λαμπτήρων φθορισμού/LED προς

αξιοποίηση. αυτών Στο ίδιο πλαίσιο, έχει αναπτυχθεί και παράλληλη δράση συλλογής κενών μελανοδοχείων και τόνερ εκτυπωτικών συσκευών.

- **Φορητές Ηλεκτρικές Στήλες (Μπαταρίες):** Το πρόγραμμα διαλογής στην πηγή για τις χρησιμοποιημένες οικιακές μπαταρίες πραγματοποιείται σε συνεργασία με την εναλλακτική Διαχείριση της ΑΦΗΣ Α.Ε.. Η συλλογή βασίζεται σε ένα εκτεταμένο δίκτυο ειδικών κάδων, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί σε εμπορικά σημεία, δημόσια κτίρια και επιχειρήσεις που συμμετέχουν εθελοντικά στο πρόγραμμα.
- **Μεταχειρισμένα Είδη Ιματισμού και Υποδημάτων (Κλωστοϋφαντουργικά):** Ο Δ. Πατρών εφαρμόζει ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαλογής για τα απόβλητα ρουχισμού και υποδήσης με έντονο κοινωνικό πρόσημο. Μέσω της λειτουργίας της Δημοτικής Ιματιοθήκης, τα συλλεγόμενα είδη που βρίσκονται σε καλή κατάσταση διατίθενται για την κάλυψη αναγκών ευπαθών κοινωνικών ομάδων. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται στην πράξη η εφαρμογή της «πρόληψης» και της «επαναχρησιμοποίησης», σύμφωνα με την ιεράρχηση των αποβλήτων, αποτρέποντας την κατάληξη των υλικών αυτών στον ΧΥΤΑ.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα ρεύματα σύμμεικτα αστικά απόβλητα, πράσινα απόβλητα κηποτεχνίας και ογκώδη αντικείμενα, ο Δήμος Πατρών δεν συνεργάζεται με κάποιο ΣΕΔ, αλλά προβαίνει στη συλλογή, μεταφορά και τελική τους διάθεση στον ΧΥΤΑ Πάτρας αποκλειστικά με τη χρήση των δικών του μέσων, μηχανημάτων και προσωπικού .

Ο Δ. Πατρών διαθέτει στόλο εξειδικευμένων οχημάτων και μηχανημάτων. Η υφιστάμενη κατάσταση του στόλου αποτυπώνεται στον **Πίνακα 5.3**

Πίνακας 5.3: Υφιστάμενος στόλος οχημάτων και μηχανημάτων καθαριότητας(Δήμος Πατρών, 2023)

Τομέας Επιχειρησιακής Χρήσης	Κατηγορία / Τύπος Οχήματος	Πλήθος (Μονάδες)
Σύμμεικτα Αστικά Απόβλητα	Απορριματοφόρο με σύστημα συμπίεσης (Πρέσα)	42

	Απορριματοφόρο με περιστρεφόμενο τύμπανο (Μύλος)	1
	Φορητό με μηχανισμό ανύψωσης (Γάντζος / Hooklift)	2
Απόβλητα Συσκευασιών	Απορριματοφόρο με σύστημα συμπίεσης (Πρέσα)	3
Πράσινα (Απόβλητα Κήπων)	Φορητά οχήματα	18
Ογκώδη Αντικείμενα	Φορητά οχήματα	7
Πράσινα & Ογκώδη	Μηχανικοί τεμαχιστές υλικών	2
Οδοκαθαρισμός & Συντήρηση	Μηχανικά σάρωθρα (Σκούπες) & Πλυντήρια κάδων	22
Λοιπές Υποστηρικτικές Δράσεις	Διάφορα μηχανήματα έργου	15

Η συλλογή των μη ανακυκλώσιμων απορριμμάτων βασίζεται σε ένα εκτεταμένο δίκτυο επίγειων και συμπιεζόμενων μέσων, όπου :

- **Επίγειοι Κάδοι:** 3.297 πλαστικοί και 2.567 μεταλλικοί τετράτροχοι κάδοι χωρητικότητας 1.100 lt έκαστο, καθώς και 67 φορητοί κάδοι των 250 lt.
- **Συστήματα Συμπίεσης και Μεγάλης Χωρητικότητας:** 7 presscontainers χωρητικότητας 12 m³, 2 presscontainers των 16 m³ και 2 ανοικτά απορριματοκιβώτια (containers) των 10 m³.

Παράλληλα, έχει δρομολογηθεί η ενίσχυση του δικτύου με την αγορά 700 πλαστικών κάδων (1.100 lt), 50 μεταλλικών κάδων (200 lt) και 50 δίτροχων πλαστικών κάδων (120 lt).

Στο πλαίσιο της συνεργασίας με την ΕΕΑΑ Α.Ε., η συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών χαρτί, πλαστικό, μέταλλο, γυαλί πραγματοποιείται μέσω:

- 2.596 πλαστικών και 77 μεταλλικών τετράτροχων κάδων χωρητικότητας 1.100 lt.
- 5 βυθιζόμενων συστημάτων των 4 κάδων χωρητικότητας 1.100 lt έκαστος, με το ένα εξ αυτών να τελεί εκτός λειτουργίας.

Για τα Ρεύματα Διαλογής στην Πηγή ισχύουν τα ακόλουθα:

- **Υάλινες Συσκευασίες:** Για την αποκλειστική συλλογή υλικών από γυαλί, λειτουργούν 160 ειδικοί μπλε κώδωνες σε επιλεγμένα κεντρικά σημεία.
- **Έντυπο Χαρτί:** Η χωριστή συγκέντρωση χαρτιού/χαρτονιού υποστηρίζεται από 141 πλαστικούς τετράτροχους κάδους χωρητικότητας 1.100 lt με χαρακτηριστικό κίτρινο κάλυμμα.

Η διαχείριση των αστικών ογκωδών αποβλήτων, π.χ. έπιπλα, στρώματα κ.λπ. γίνεται προγραμματισμένα. Οι πολίτες υποβάλλουν σχετικό αίτημα είτε τηλεφωνικά είτε μέσω της ψηφιακής πλατφόρμας sense.city, ώστε να καθοριστεί ο χρόνος αποκομιδής από τα δημοτικά συνεργεία. Στις περιπτώσεις ανεξέλεγκτης εναπόθεσης, η περισυλλογή διενεργείται αυτεπάγγελτα από το προσωπικό της Διεύθυνσης Καθαριότητας.

Για τα Ρεύματα Ειδικών Αποβλήτων (ΑΗΗΕ και Μπαταρίες) ισχύουν τα ακόλουθα:

- **Ηλεκτρικές/Ηλεκτρονικές Συσκευασίες & Λαμπτήρες:** Σε συνεργασία με την «Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε.», ο εξοπλισμός συλλέγεται σε δημόσιες υπηρεσίες, εκπαιδευτικά ιδρύματα και εμπορικά καταστήματα. Σήμερα λειτουργούν 9 κάδοι των 450 lt, 3 ειδικοί περιέκτες λαμπτήρων, καθώς και 8 χάρτινοι και 3 πλαστικοί περιέκτες για κενά μελανοδοχεία.
- **Φορητές Ηλεκτρικές Στήλες:** Η συλλογή μπαταριών διενεργείται μέσω του δικτύου ειδικών κυλινδρικών κάδων του συστήματος ΑΦΗΣ Α.Ε. σε συμβεβλημένα καταστήματα.

Για την επικείμενη ανάπτυξη του δικτύου χωριστής συλλογής οργανικών αποβλήτων, ο Δήμος έχει εξασφαλίσει χρηματοδότηση μέσω του ΕΣΠΑ 2014-2020 για την Α' Φάση προμήθειας του ακόλουθου εξοπλισμού:

- 560 τετράτροχοι κάδοι χωρητικότητας 1.100 lt και 235 κάδοι των 660 lt.
- 200 δίτροχοι κάδοι των 80 lt.

- 15.000 μικροί οικιακοί κάδοι κουζίνας χωρητικότητας 10 lt.
- 1.000 κάδοι οικιακής κομποστοποίησης κήπου χωρητικότητας 310 lt.

5.3. Προτεινόμενο μοντέλο αξιοποίησης οργανικού κλάσματος

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στον Δ. Πατρών, το οργανικό κλάσμα αποτελεί το μεγαλύτερο ρεύμα των παραγόμενων απορριμμάτων της πόλης, αγγίζοντας το 46,1% κατά βάρος επί του συνόλου των αστικών στερεών αποβλήτων. Για το 2025, η συνολική παραγωγή οργανικών υλικών στην Πάτρα εκτιμάται σε 47.140 τόνους. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ποσότητας αφορά τα απόβλητα κουζίνας από νοικοκυριά και χώρους εστίασης, τα οποία υπολογίζονται σε 35.488 τόνους. Ακολουθούν τα πράσινα απόβλητα κήπων και τα κλαδέματα με 10.238 τόνους, ενώ τα βρώσιμα λίπη και έλαια, δηλαδή τα χρησιμοποιημένα τηγανέλαια, υπολογίζονται σε 1.414 τόνους.

Σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων για το 2025, ο Δήμος υποχρεούται να εκτρέπει από την ταφή και τον ΧΥΤΑ το 21,3% κ. β. του συνόλου των παραγόμενων απορριμμάτων του, αποκλειστικά μέσω της χωριστής συλλογής των οργανικών υλικών. Με βάση τη συνολική ετήσια παραγωγή της πόλης, η οποία ανέρχεται σε 102.376 τόνους, ο συγκεκριμένος στόχος διαμορφώνεται στους 21.806 τόνους ετησίως. Αυτό σημαίνει ότι σχεδόν οι μισοί από τους παραγόμενους οργανικούς τόνους της Πάτρας πρέπει να συλλέγονται υποχρεωτικά μέσω διαλογής στην πηγή, ώστε να μην επιβαρύνουν το κοινό δίκτυο των πράσινων κάδων.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, ο Δήμος ενεργοποιεί την πράξη του ΕΣΠΑ με τίτλο «Χωριστή συλλογή και μεταφορά προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων και ενημέρωση πολιτών στο Δ. Πατρών». Η ανάπτυξη της πρώτης φάσης του δικτύου βασίζεται στην προμήθεια και διανομή ειδικού εξοπλισμού. Για το οδικό δίκτυο και τους μεγάλους παραγωγούς επιστρατεύονται 560 πλαστικοί τετράτροχοι κάδοι χωρητικότητας 1.100 λίτρων και 235 κάδοι χωρητικότητας 660 λίτρων. Παράλληλα, για την έναρξη της οικιακής συλλογής διανέμονται στα νοικοκυριά 15.000 μικροί κάδοι κουζίνας χωρητικότητας 10 λίτρων, ενώ για τις περιστατικές περιοχές του Ρίου, των Βραχναϊκών και της Μεσσήνης, όπου επικρατούν οι μονοκατοικίες, διατίθενται 1.000 ειδικοί κάδοι οικιακής κομποστοποίησης κήπου χωρητικότητας 310

λίτρων. Το δίκτυο συμπληρώνεται από 200 δίτροχους κάδους των 80 λίτρων για ειδικές χρήσεις.

Σύμφωνα με τις διατάξεις του Νόμου 4819/2021, οι επαγγελματίες του Δήμου οφείλουν να ενταχθούν άμεσα στον σχεδιασμό. Όλα τα καταστήματα μαζικής εστίασης, όπως εστιατόρια, ταβέρνες, καφετέριες και κυλικεία, καθώς και οι επιχειρήσεις τροφίμων, όπως οπωροπωλεία, φούρνοι και οι λαϊκές αγορές, υποχρεούνται να διαχωρίζουν τα οργανικά τους υπολείμματα σε δικούς τους εσωτερικούς περιέκτες, αμέσως μόλις ο Δήμος τοποθετήσει τους καφέ κάδους στην περιοχή τους. Επιπλέον, οι μεγάλοι παραγωγοί της πόλης, στους οποίους περιλαμβάνονται τα ξενοδοχεία άνω των 100 κλινών, τα μεγάλα super markets και οι τοπικές βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων φυτικής προέλευσης, οφείλουν να μεριμνούν αυτόνομα για τη συλλογή και μεταφορά των βιοαποβλήτων τους.

Η εφοδιαστική αλυσίδα ολοκληρώνεται με τη συνέργεια των διαφορετικών ροών του οργανικού κλάσματος. Τα απόβλητα κήπων και πάρκων συλλέγονται από τα φορτηγά του Δήμου με ιδίους πόρους και οδηγούνται προς επεξεργασία στους δύο υφιστάμενους και στον έναν υπό προμήθεια κλαδοτεμαχιστή. Το τεμαχισμένο ξυλώδες υλικό αναμειγνύεται με τα υγρά απόβλητα φαγητού από τους καφέ κάδους για τη σωστή ρύθμιση της υγρασίας. Τα προδιαλεγμένα αυτά βιοαπόβλητα οδηγούνται στη συνέχεια σε εγκεκριμένη Μονάδα Επεξεργασίας Βιοαποβλήτων. Εκεί, μέσω της αερόβιας κομποστοποίησης, μετατρέπονται σε υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό, το οποίο επαναχρησιμοποιείται από την υπηρεσία πρασίνου του Δήμου Πατρέων για τις ανάγκες των δημοτικών πάρκων, μειώνοντας δραστικά το κόστος ταφής για την πόλη.

5.4. Ποσοτική ανάλυση

Στο πλαίσιο του περιβαλλοντικού σχεδιασμού για την ορθολογική διαχείριση των απορριμμάτων, ο Δήμος θέτει σε απόλυτη προτεραιότητα την ανακύκλωση και την ανάκτηση των υλικών μέσω της εφαρμογής εκτεταμένων προγραμμάτων διαλογής στην πηγή. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εξασφαλίζει την λήψη καθαρών ανακυκλώσιμων δευτερογενών υλικών, όπως χαρτί, πλαστικό, μέταλλο και γυαλί, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα το λειτουργικό κόστος χειρωνακτικής ή μηχανικής διαλογής, καθώς και τον όγκο των υπολειμμάτων που παράγονται στα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών καθώς και στα εργοστάσια επεξεργασίας.

Παράλληλα, τα ογκώδη αστικά απόβλητα, όπως τα έπιπλα, τα στρώματα, τα παιχνίδια και οι ηλεκτρικές συσκευές, εντάσσονται σε διαδικασίες επιδιόρθωσης και επαναχρησιμοποίησης από ευπαθείς ομάδες πολιτών, ενώ τα μη αξιοποιήσιμα προωθούνται για περαιτέρω ενεργειακή ή υλική ανάκτηση. Ομοίως, η αυτόνομη συλλογή βιοαποβλήτων και πράσινων αποβλήτων κηποτεχνίας αποτρέπει την επιμόλυνση των υπόλοιπων ρευμάτων και επιτρέπει τη μετατροπή τους σε υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό χούμους. Η επιτυχής εφαρμογή αυτού του ολοκληρωμένου μοντέλου διαλογής στην πηγή περιορίζει δραστικά τις ποσότητες που καταλήγουν σε βιομηχανική επεξεργασία ή τελική διάθεση, επιφέροντας σημαντική οικονομική ελάφρυνση στα ανταποδοτικά τέλη του Δήμου.

Για την υλική υλοποίηση του σχεδιασμού αυτού, η δημοτική αρχή έχει ήδη εξασφαλίσει τους απαραίτητους οικονομικούς πόρους για τη δημιουργία 66 γωνιών ανακύκλωσης, την ίδρυση ενός μικρού Πράσινου Σημείου, καθώς και για την αγορά εξειδικευμένου στόλου και εξοπλισμού προσωρινής αποθήκευσης βιοαποβλήτων και μηχανημάτων θρυμματισμού κλάδων. Η σταδιακή ολοκλήρωση και η μελλοντική επέκταση αυτών των υποδομών, με την αξιοποίηση νέων χρηματοδοτικών προγραμμάτων, θα διαμορφώσει ένα ενιαίο, συνδυασμένο σύστημα υψηλής αποδοτικότητας. Η λειτουργία των φυσικών δικτύων πλαισιώνεται από ένα οργανωμένο πλάνο επικοινωνίας, ενημέρωσης και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, το οποίο απευθύνεται στους δημότες, τον επιχειρηματικό κόσμο της πόλης και κυρίως τη μαθητική κοινότητα, μέσω στοχευμένων δράσεων που υλοποιούνται σε στενή συνεργασία με την εκπαιδευτική κοινότητα της περιοχής.

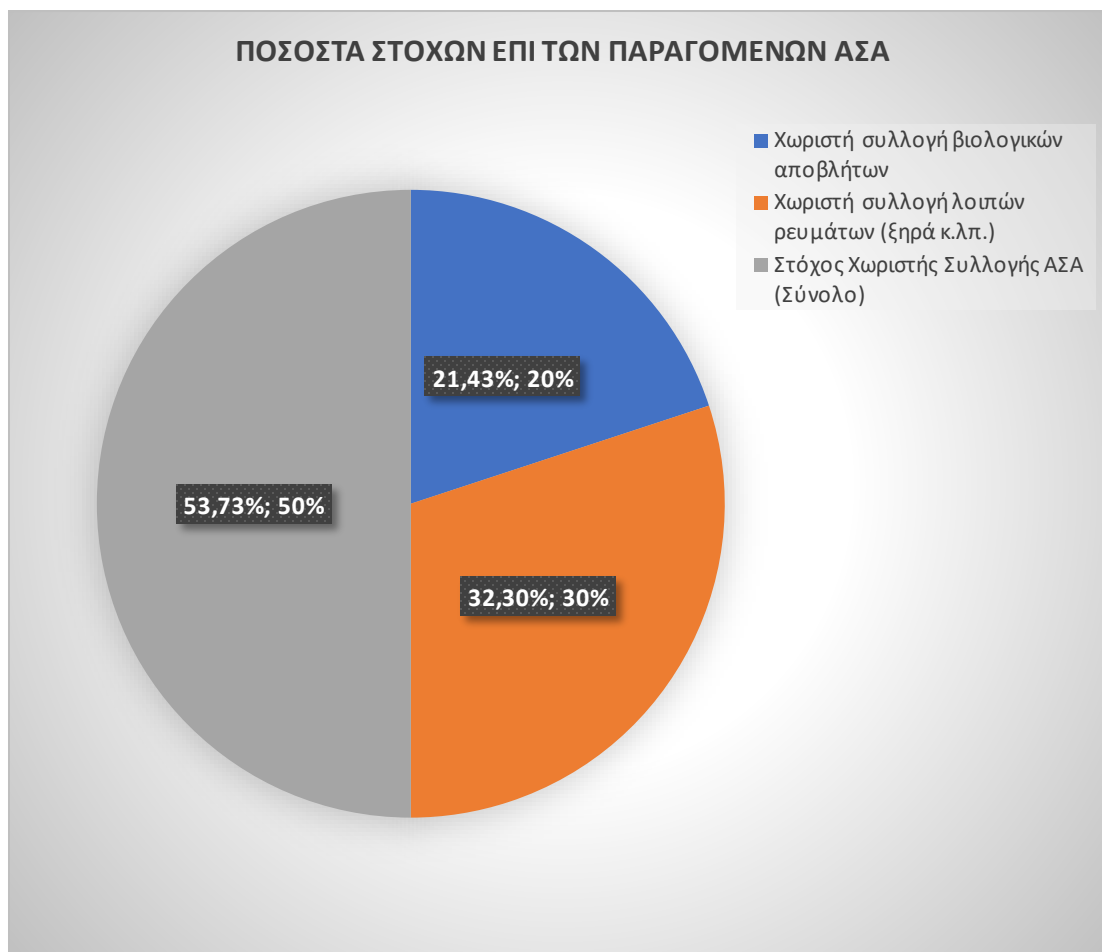
Ο κεντρικός επιχειρησιακός στόχος για τον Δήμο αφορά το σύνολο της χωριστής συλλογής ΑΣΑ, το οποίο πρέπει να ανέλθει σε ποσοστό 53,73% επί των συνολικών παραγόμενων αποβλήτων, μέγεθος που αντιστοιχεί σε 55.005 τόνους ετησίως. Για την επίτευξη καθορίζονται δύο επιμέρους κατευθυντήριες γραμμές, προσαρμοσμένες στα ιδιαίτερα γεωγραφικά και πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της Δημοτικής Ενότητας της Πάτρας. Η πρώτη κατευθυντήρια γραμμή αφορά τη χωριστή συλλογή των λοιπών ρευμάτων και των ξηρά ανακυκλώσιμων, η οποία ορίζεται σε ποσοστό 32,30% επί των παραγόμενων ΑΣΑ, δηλαδή 33.070 τόνους ανά έτος. Η δεύτερη κατευθυντήρια γραμμή αφορά τη χωριστή συλλογή των βιολογικών αποβλήτων, η οποία

προσδιορίζεται σε ποσοστό 21,43% επί των συνολικών ΑΣΑ, που ισοδυναμεί με 21.935 τόνους ετησίως.

Από τα παρακάτω δεδομένα, απόλυτο δεσμευτικό στόχο αποτελεί μόνο το γενικό σύνολο της χωριστής συλλογής, ενώ τα επιμέρους ποσοστά των βιοαποβλήτων και των λοιπών υλικών λειτουργούν ως κατευθυντήριες γραμμές για την επίτευξή του. Στον Πίνακα 5. παρουσιάζονται οι στόχοι για την χωριστή συλλογή στον Δήμο.

Πίνακας 5.4: Κατευθύνσεις για την επίτευξη του στόχου χωριστής συλλογής στον Δήμο Πατρέων

Στόχος / Κατευθυντήρια Γραμμή	Ποσοστό επί των Παραγόμενων ΑΣΑ (%)	Στοχευόμενη Ποσότητα (t/έτος)
Χωριστή συλλογή βιολογικών αποβλήτων	21,43%	21.935
Χωριστή συλλογή λοιπών ρευμάτων (ξηρά κ.λπ.)	32,30%	33.070
Στόχος Χωριστής Συλλογής ΑΣΑ (Σύνολο)	53,73%	55.005



Εικόνα 5.3. Ποσοστό επί των Παραγόμενων ΑΣΑ

Με βάση την υφιστάμενη υποδομή και τη δυναμική της πόλης, ο Δήμος καλείται να οδηγήσει προς τη χωριστή συλλογή το 46,53% κ.β. του συνόλου των παραγόμενων βιοαποβλήτων του, επιτυγχάνοντας έτσι τον ετήσιο στόχο των 21.935 τόνων. Η επιμέρους κατανομή αυτού του στόχου ανά ρεύμα οργανικών υλικών εξειδικεύεται σε τέσσερις βασικές δράσεις ενίσχυσης.

Πρώτον, η οικιακή κομποστοποίηση υπολειμμάτων κουζίνας και πράσινων αποβλήτων αναμένεται να αποδώσει 950 τόνους ετησίως, καλύπτοντας το 2,02% των συνολικών βιοαποβλήτων του Δήμου. Δεύτερον, η χωριστή συλλογή των πράσινων αποβλήτων κηποτεχνίας μέσω των δημοτικών οχημάτων στοχεύει στην εκτροπή 9.214 τόνων, επιτυγχάνοντας ένα εξαιρετικά υψηλό ποσοστό εκτροπής της τάξης του 90,00% για το συγκεκριμένο ρεύμα, το οποίο αντιπροσωπεύει το 19,55% του συνόλου των βιοαποβλήτων της πόλης. Τρίτον, το αυτόνομο δίκτυο συλλογής βρώσιμων λιπών και ελαίων εκτιμάται ότι θα συλλέγει 948 τόνους ανά έτος, μέγεθος

που ισοδυναμεί με εκτροπή του 67,00% των παραγόμενων τηγανέλαιων ή το 2,01% του συνολικού οργανικού δυναμικού. Τέταρτον, η ανάπτυξη του εκτεταμένου δικτύου των καφέ κάδων για τη συλλογή αποβλήτων τροφίμων από νοικοκυριά και επιχειρήσεις μαζικής εστίασης αποτελεί τη σημαντικότερη δράση, καθώς στοχεύει στην ανάκτηση 10.824 τόνων ετησίως, επιτυγχάνοντας ποσοστό εκτροπής 30,50% επί του συγκεκριμένου ρεύματος και συνεισφέροντας κατά 22,96% στην επίτευξη του γενικού στόχου εκτροπής των βιοαποβλήτων του Δήμου . Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.2) περιγράφονται οι προτεινόμενες δράσεις, οι ποσότητες και τα ποσοστά εκτροπής των βιοαποβλήτων.

Πίνακας 5.5. Επιμέρους κατευθύνσεις χωριστής συλλογής και εκτροπής Βιοαποβλήτων του Δ. Πατρών

Προτεινόμενη Δράση / Ρεύμα Υλικού	Ποσότητα (t/έτος)	Ποσοστό Εκτροπής ανά Ρεύμα ΒΑ	Ποσοστό Εκτροπής επί των Συνολικών ΒΑ
Οικιακή κομποστοποίηση (Απόβλητα κουζίνας & πράσινα)	950	2,08%	2,02%
Χωριστή συλλογή πράσινων αποβλήτων (Κλαδέματα)	9.214	90,00%	19,55%
Χωριστή συλλογή βρώσιμων λιπών και ελαίων	948	67,00%	2,01%
Χωριστή συλλογή δικτύου καφέ κάδου (Απόβλητα κουζίνας)	10.824	30,50%	22,96%
Σύνολο Χωριστής Συλλογής Βιοαποβλήτων	21.935	—	46,53%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ - ΔΗΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ

6.1. Περιγραφή της περιοχής μελέτης

Ο Δήμος Χανίων συστάθηκε με τη συνένωση των πρώην Δήμων Χανίων, Ακρωτηρίου, Ελευθερίου Βενιζέλου, Κεραμιών, Σούδας, Νέας Κυδωνίας και Θερίσου, αποτελώντας την πρωτεύουσα της Περιφερειακής Ενότητας Χανίων στο βορειοανατολικό τμήμα του νομού και είναι ως το διοικητικό, οικονομικό, εμπορικό και συγκοινωνιακό κέντρο της περιοχής. Η έκταση του ανέρχεται στα 356,12 km², παρουσιάζοντας πεδινή, ημιορεινή και ορεινή μορφολογία εδάφους, έχοντας ως όρια τον Δήμους Πλατανιά στα δυτικά, Αποκορώνου στα ανατολικά, Σφακίων στα νότια και το Κρητικό Πέλαγος στα βόρεια. Ο Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ / ΕΜΑΚ) βρίσκεται στη θέση «Κορακιά» της Δημοτικής Ενότητας Ακρωτηρίου και απέχει από το κέντρο του Δήμου περίπου 16 Km.

Η αστική δόμηση επικεντρώνεται κυρίως στο βόρειο τμήμα του Δήμου Χανίων, ενώ σημαντικές εκτάσεις καταλαμβάνονται από ελαιώνες, φυσικούς βοσκότοπους στα νότια και νοτιοανατολικά, καθώς και σκληροφυλλική και φυσική βλάστηση.



Εικόνα 6.1 Δήμος Χανίων (<http://www.Google.maps.gr>)

Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου Χανίων ανέρχεται σε 111.375 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2021, παρουσιάζοντας αύξηση 2,52% συγκριτικά με το 2011. Το μέγεθος αυτό αντιστοιχεί στο 17,4% του συνολικού πληθυσμού της Περιφέρειας Κρήτης και περίπου στο 1% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Θα πρέπει να αναφερθεί την έντονη αύξηση του πληθυσμού κατά την τουριστική περίοδο, λόγω επισκεπτών αλλά και λόγω εποχικού προσωπικού για κάλυψη των αναγκών σε αυτή την περίοδο.

Όσον αφορά την πυκνότητα του πληθυσμού παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ανά Δημοτική Ενότητα. Ειδικότερα, η Δ.Ε. Χανίων καταγράφει τη μεγαλύτερη πυκνότητα με περίπου 4.248 άτομα ανά km^2 , συγκεντρώνοντας το μεγαλύτερο ποσοστό πληθυσμού 49,62%, ακολουθούμενη από τις Δ.Ε. Ελευθερίου Βενιζέλου με 12,10%, Ακρωτηρίου με 12,06%, Νέας Κυδωνίας 9,91%, Θερίσου 7,91%, Σούδας 7,77%, ενώ η Κεραμιών καταγράφει το χαμηλότερο ποσοστό με 0,62%.

Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ, τα κτίρια στον Δ. Χανίων ανέρχονται σε 33.961, εκ των οποίων τα 30.837 χαρακτηρίζονταν ως αποκλειστικής χρήσης και τα 3.124 ως μικτής χρήσης, με τις κατοικίες να αποτελούν την πλειονότητα, αντιστοιχώντας στο 84% του συνόλου. Ειδικότερα, οι κανονικές κατοικίες στον Δήμο Χανίων έφταναν τις 58.800, εκ των οποίων οι 18.763 ήταν μονοκατοικίες και οι 40.037 ανήκαν σε άλλους τύπους, όπως διπλοκατοικίες, πολυκατοικίες ή κτίρια με διαφορετική κύρια χρήση. Η χωροταξική αυτή εικόνα είναι τυπική αστικής περιοχής, όπου οι μονοκατοικίες περιορίζονται μόλις στο 32% των συνολικών κατοικιών. Το γεγονός αυτό δυσχεραίνει τη διαλογή στην πηγή (ΔσΠ) των αστικών στερεών αποβλήτων σε πολλαπλά ρεύματα, καθιστώντας απαραίτητη τη διερεύνηση, κατά περίπτωση, της διαθεσιμότητας επαρκούς χώρου φύλαξης για τους απαιτούμενους κάδους και δοχεία συλλογής. Παράλληλα, ποσοστό 28% των κατοικιών του Δήμου καταγράφηκε ως κενό και αντιστοιχούν σε 16.491 κενές κατοικίες, 4.089 εξοχικές ή δευτερεύουσες και 3.490 για άλλους λόγους.

Ως προς τα τουριστικά καταλύματα, με βάση τα στοιχεία του 2020 από την Περιφερειακή Υπηρεσία Τουρισμού Κρήτης, στον Δήμο Χανίων λειτουργούσαν συνολικά 1.299 μονάδες με 33.101 κλίνες. Αναλυτικότερα, το δυναμικό περιελάμβανε 304 ξενοδοχειακά καταλύματα με 8.617 δωμάτια και 19.973 κλίνες, 639

ενοικιαζόμενα δωμάτια και επιπλωμένα διαμερίσματα με 3.721 δωμάτια και 9.686 κλίνες, 355 τουριστικές κατοικίες και επαύλεις με 477 δωμάτια και 3.342 κλίνες, καθώς και 1 κάμπινγκ. Στον Πίνακα 6.1 περιγράφεται η γενική κατάσταση που επικρατεί στο Δ. Χανίων.

Πίνακας 6.1. Χρήση κτηρίων στο Δ. Χανίων

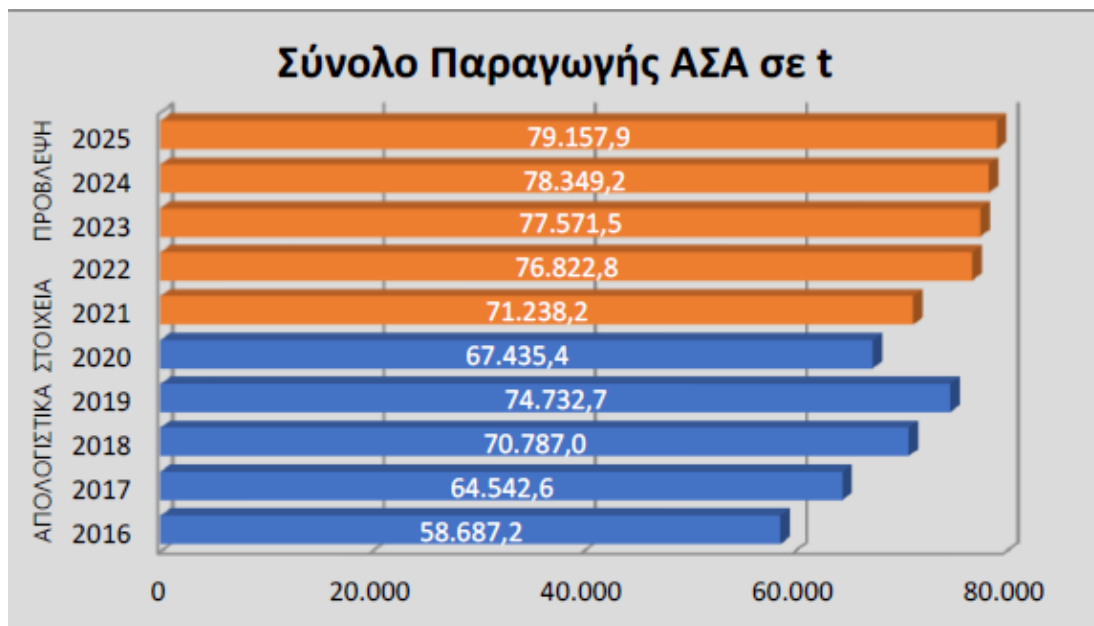
Χρήση Κτιρίου	Αριθμός Κτιρίων
Κανονικές Κατοικίες	58.800
Αθλητικοί Χώροι	20
Εκπαίδευση	177
Υποδομές Υγείας	15
Κοινωνικές Δομές Υπηρεσίες	29
Πολιτιστική Υποδομή και Δραστηριότητες	45
Λιανικό Εμπόριο Τροφίμων	540
Εστίαση	1.468
Αρτοποιεία Ζαχαροπλαστεία	86
Τουριστικά Καταλύματα	1.299
Πλατείες	42
Πύλες εισόδου	3
Ξενοδοχειακά καταλύματα	304
Κάμπινγκ	1
Τουριστικές κατοικίες / επαύλεις	355
Ενοικιαζόμενα δωμάτια / επιπλωμένα διαμερίσματα	639

6.2. Υφιστάμενη Κατάσταση

Οι βασικές προτεραιότητες και οι στόχοι που θέτει ο Δ. Χανίων και σχετίζονται με τη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα βασίζονται στο νέο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, ΕΣΔΑ 2020-2030. Το σχέδιο αυτό εφαρμόζει τις ευρωπαϊκές

οδηγίες, όπως οι Οδηγίες 2018/851/ΕΕ και 2018/852/ΕΕ, και εναρμονίζεται πλήρως με τον Νόμο 4819/2021.

Η χρονική εξέλιξη της παραγωγής ΑΣΑ αποτυπώνεται απολογιστικά για τα έτη 2016-2025 στην Εικόνα 6.2. Όπως παρατηρείται, τα απόβλητα ανήλθαν το 2021 σε 71.238,16 τόνους, το 2022 σε 76.822,83 τόνους, το 2023 σε 77.571,46 τόνους, το 2024 σε 78.349,24 τόνους και 79.157,91 τόνους το 2025.



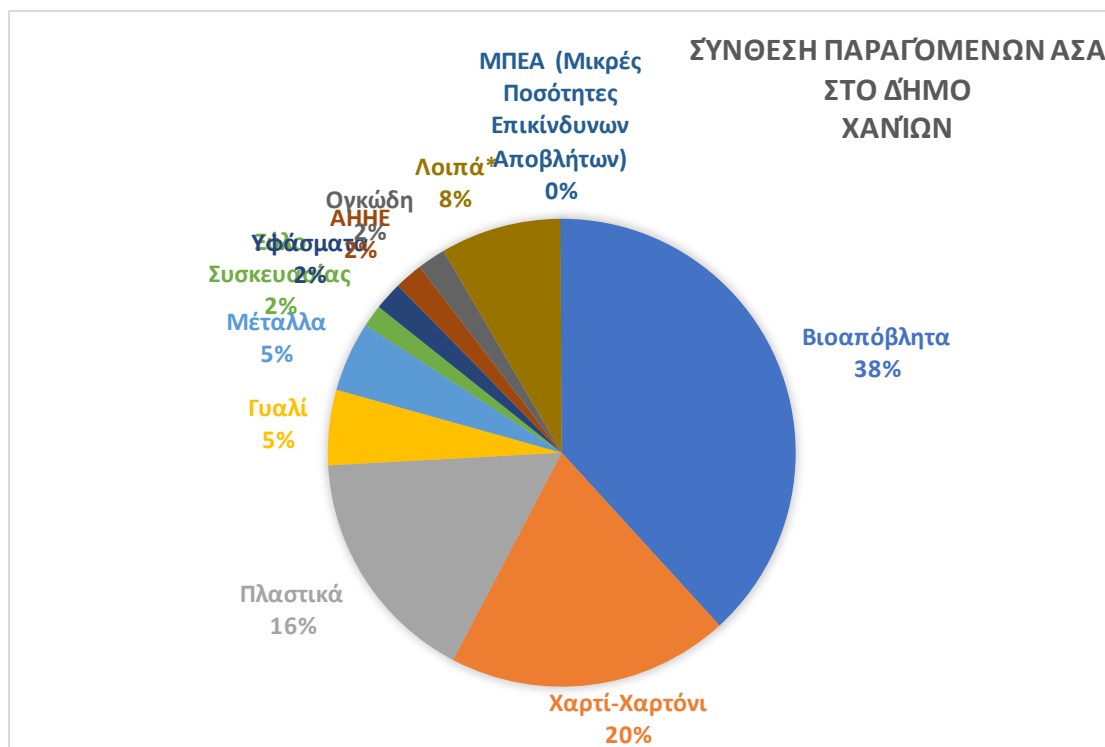
Εικόνα 6.2. Παραγωγή αποβλήτων στον Δήμο Χανίων (Δήμος Χανίων, 2023).

Θεωρείται σημαντικό να επισημανθεί πως η αυξημένη τάση του τουρισμού στον Δ. Χανίων έχει ως αποτέλεσμα την έντονη εποχικότητα και αύξηση της παραγωγής των ΑΣΑ. Επειδή ο τουρισμός είναι ένας ευαίσθητος και ευμετάβλητος τομέας, διάφοροι απρόβλεπτοι παράγοντες μπορούν εύκολα να ανατρέψουν τις εκτιμήσεις και τον σχεδιασμό των ποσοτήτων

Σύμφωνα με τον ΕΣΔΑ 2020-2030, τα βιοαπόβλητα επιμερίζονται σε απόβλητα κουζίνας σε ποσοστό 87%, απόβλητα κήπων και πράσινα απόβλητα σε ποσοστό 10% και βρώσιμα λίπη και έλαια σε ποσοστό 3%. Αντίστοιχα, στην κατηγορία των λοιπών αποβλήτων περιλαμβάνονται τα ΑΗΗΕ, τα ογκώδη σε ποσοστό 2%, τα ΜΠΕΑ σε ποσοστό 0,1% και τα κτηνοτροφικά/ύφασμάτινα απόβλητα (Κ/Υ) σε ποσοστό 2% επί των συνολικών ΑΣΑ. Τα δεδομένα παρουσιάζονται και στην Εικόνα 6.3.

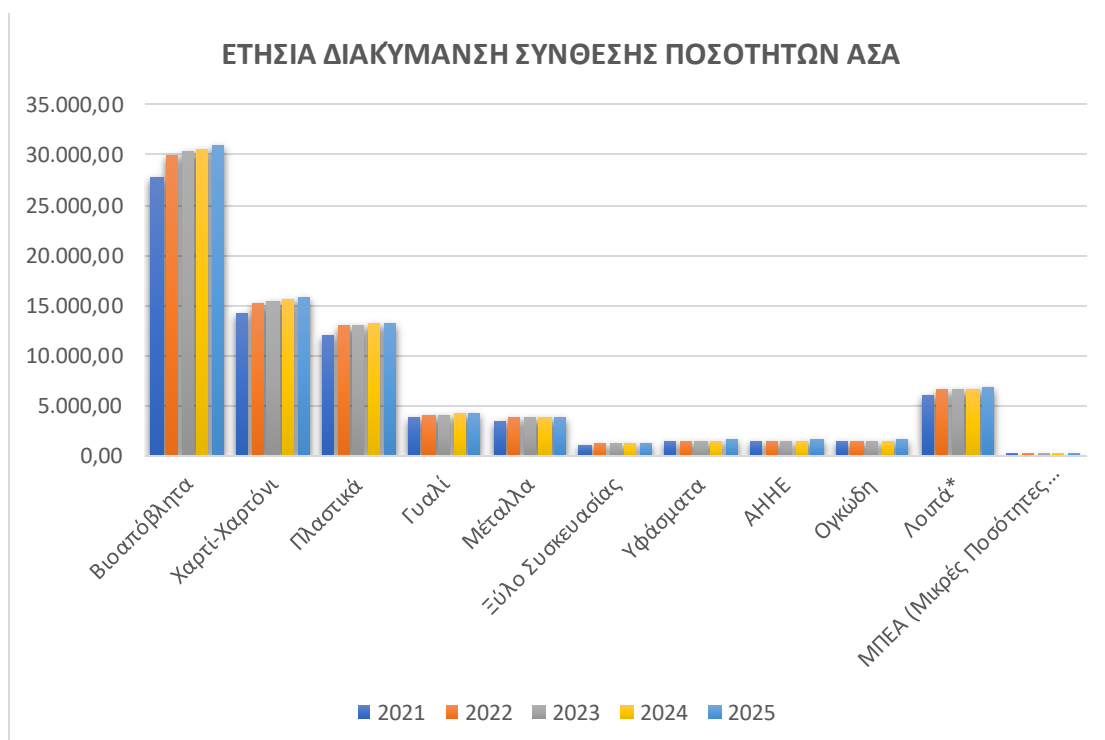
Πίνακας 6.2. Σύνθεση Παραγόμενων ΑΣΑ στο Δήμο Χανίων (2021 - 2025)

Ρεύμα Αποβλήτου	Ποσοστό (% κ.β.)	2021	2022	2023	2024	2025
Βιοαπόβλητα	39,15%	27.889,74	30.076,14	30.369,23	30.673,73	30.990,32
Χαρτί- Χαρτόνι	19,94%	14.204,89	15.318,47	15.467,75	15.622,84	15.784,09
Πλαστικά	16,85%	12.003,63	12.944,65	13.070,79	13.201,85	13.338,11
Γυαλί	5,33%	3.796,99	4.094,66	4.134,56	4.176,01	4.219,12
Μέταλλα	4,95%	3.526,29	3.802,73	3.839,79	3.878,29	3.918,32
Ξύλο Συσκευασίας	1,57%	1.118,44	1.206,12	1.217,87	1.230,08	1.242,78
Υφάσματα	2,00%	1.424,76	1.536,46	1.551,43	1.566,98	1.583,16
ΑΗΗΕ	2,00%	1.424,76	1.536,46	1.551,43	1.566,98	1.583,16
Ογκώδη	2,00%	1.424,76	1.536,46	1.551,43	1.566,98	1.583,16
Λοιπά*	8,54%	6.083,74	6.560,67	6.624,60	6.691,03	6.760,09
ΜΠΕΑ (Μικρές Ποσότητες Επικίνδυνων Αποβλήτων)	0,10%	71,24	76,82	77,57	78,35	79,16
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	71.238,16	76.822,83	77.571,46	78.349,24	79.157,91



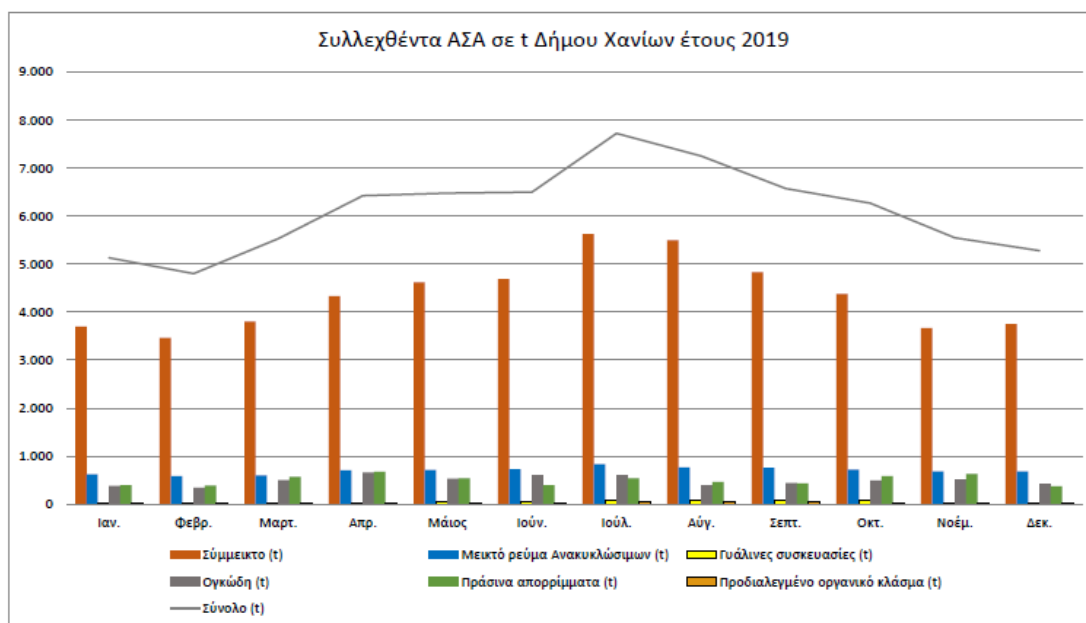
Εικόνα 6.3. Σύνθεση παραγόμενων ΑΣΑ στο Δ. Χανίων

Στην Εικόνα 6.4 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση των ποσοτήτων των ΑΣΑ για τις χρονικές περιόδους 2021 έως 2025. Όπως παρατηρείται παρουσιάζεται μία αυξητική τάση στη συλλογή βιοαποβλήτων, ενώ στις υπόλοιπες ροές η τάση φαίνεται να παρουσιάζει σταθεροποίηση.



Εικόνα 6.4. Ετήσια διακύμανση σύνθεσης παραγόμενων ΑΣΑ στο Δ. Χανίων (Δήμος Χανίων, 2023)

Σχετικά με τη μηνιαία διακύμανση των συλλεχθέντων ΑΣΑ, όπως προκύπτουν απο διαθέσιμα στοιχεία στο Δ. Χανίων για το 2019 παρουσιάζονται στην ακόλουθη εικόνα (Εικόνα 6.5)



Εικόνα 6.5. Μηνιαία διακύμανση των συλλεχθέντων (Δήμος Χανίων, 2023)

Οι δράσεις που εφαρμόζονται στην ΠΕ του Δ. Χανίων στοχεύοντας στη χωριστή συλλογή των ΑΣΑ είναι οι ακόλουθες:

- **Μεικτό Ρεύμα Ανακυκλώσιμων Υλικών Χαρτιού και λοιπές συσκευασίες εκτός γυαλιού:** Αξιοποιούνται τροχήλατοι πλαστικοί κάδοι χωρητικότητας 1.100 L, οι οποίοι ανήκουν στην Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) Α.Ε. Η αποκομιδή τους διενεργείται από τη ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ) βάσει προγραμματικής σύμβασης, διαδικασία η οποία εφαρμόζεται αντίστοιχα και για τους κάδους συλλογής γυάλινων συσκευασιών
- **Γυάλινες Συσκευασίες:** Πραγματοποιείται μέσω κίτρινων πλαστικών κώδων χωρητικότητας 1.300 L καθώς και μεταλλικών καμπάνων χωρητικότητας περίπου 2.500 L, ιδιοκτησία της Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) Α.Ε.

- **Ογκώδη και Πράσινα Απόβλητα :** Από το 2005 εφαρμόζεται η μέθοδος «πόρτα - πόρτα», με τα ογκώδη να επεξεργάζονται στην ΟΕΔΑ Χανίων. Από τις αρχές του 2021, η Διεύθυνση Περιβάλλοντος διαχειρίζεται ενιαία το σύνολο του Δ. Χανίων. Αναλυτικότερα, η αποκομιδή στις Δ.Ε. Ακρωτηρίου, Νέας Κυδωνίας, Σούδας, Ελευθερίου Βενιζέλου, Θέρισου και Κεραμειών διενεργείται από την αρμόδια Διεύθυνση του Δήμου, ενώ για τη Δ.Ε. Χανίων από τη ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ) μέσω προγραμματικής σύμβασης. Περιλαμβάνεται η συλλογή, διαλογή και ταξινόμηση των αποβλήτων στην πηγή, ο καθαρισμός/σάρωση του σημείου εναπόθεσης, καθώς και τη μεταφορά τους για διαχείριση και επεξεργασία στην ΟΕΔΑ Χανίων
- **Βιοαπόβλητα:** Μέσω του προγράμματος οικιακής κομποστοποίησης που υλοποιείται από το 2013 στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE+ 10/ENV/GR/622 και του έργου WASP με τη διανομή 103 οικιακών κομποστοποιητών. Επιπρόσθετα, από το 2016 λειτουργεί πιλοτικό πρόγραμμα χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων και ειδικότερα υπολείμματα τροφών από μεγάλους παραγωγούς, όπως οπωροπωλεία, υπεραγορές, ανθοπωλεία και λέσχες σίτισης, στις ΔΕ Χανίων και Ακρωτηρίου. Για τον σκοπό αυτό έχουν παραχωρηθεί από τη ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ) 95 καφέ πλαστικοί τροχήλατοι κάδοι χωρητικότητας 240 L και 360 L, ενώ η αποκομιδή τους διενεργείται από την ίδια εταιρεία μέσω προγραμματικής σύμβασης

Θα πρέπει να σημειωθεί πως στην Παλιά Πόλη των Χανίων, επειδή δεν υφίσταται δίκτυο κοινόχρηστων κάδων η αποκομιδή πραγματοποιείται από τη ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. με προγραμματική σύμβαση εφαρμόζοντας το σύστημα "πόρτα-πόρτα". Η διαλογή στην πηγή επιτυγχάνεται μέσω 1.907 ατομικών κάδων που διακρίνονται σε κίτρινους (γυαλί), μπλε (χαρτί, πλαστικό, μέταλλα) και πράσινους (λοιπά απορρίμματα). Επιπλέον, η διαχείριση πράσινων αποβλήτων, ΑΗΗΕ και ογκωδών αντικειμένων υποστηρίζεται από αντίστοιχο πρόγραμμα συλλογής, το οποίο εκτελείται είτε κατόπιν αιτήματος είτε σε σταθερή εβδομαδιαία συχνότητα που συνήθως είναι η πρώτη ημέρα της εβδομάδας, δηλαδή η Δευτέρα.

- **Απόβλητα Φορητών Ηλεκτρικών Στηλών:** Η διαδικασία της συλλογής πραγματοποιείται με ευθύνη του ΣΣΕΔ "ΑΦΗΣ Α.Ε.", το οποίο έχει εγκαταστήσει ειδικούς κάδους ανακύκλωσης σε δημοτικά κτήρια π.χ. Δημαρχείο Χανίων, σε

σχολικές μονάδες, εμπορικά καταστήματα, υπεραγορές και άλλους χώρους, κατόπιν σχετικών αιτημάτων.

- **Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ):** Η συλλογή πραγματοποιείται από τον Δ. Χανίων από το 2009 μέσω σύμβασης μεταξύ της ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ) και της Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε.". Οι υποδομές σχετίζονται με τη συλλογή μικροσυσκευών και τοποθετήθηκαν σε σχολεία, υπεραγορές, δημοτικές υπηρεσίες και καταστήματα ηλεκτρικών ειδών. Παράλληλα, η συλλογή των ογκωδών και μεγάλων αποβλήτων ΗΗΕ υλοποιείται σταθερά με τη μέθοδο "πόρτα-πόρτα", μέσω της τηλεφωνικής γραμμής που εξυπηρετεί τη συλλογή των ογκωδών απορριμμάτων.
- **Είδη Ρουχισμού και Υπόδησης:** Η συλλογή πραγματοποιείται μέσω ειδικών κόκκινων μεταλλικών κάδων της εταιρείας RECYCOM. Αυτή η δράση ξεκίνησε το 2017 με την τοποθέτηση κάδων σε στρατηγικά σημεία στον Δήμο, όπως σε δημοτικά καταστήματα σε Σούδα, Νέα Κυδωνία και Χανιά, στο Γενικό Νοσοκομείο, σε υπεραγορές και σχολικές μονάδες με την πρωτοβουλία της ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ) που έγινε αποδεκτή από τη Δημοτική Αρχή.
- **Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής (ΟΤΚΖ):** Η αρμόδια υπηρεσία του Δ. Χανίων εντοπίζει και σημάνει τα εγκαταλελειμμένα οχήματα σε δημόσιους χώρους είτε με στοιχεία κυκλοφορίας είτε με χωρίς στοιχεία. Εφόσον απαιτηθεί βάσει των διατάξεων του Π.Δ. 116/2004 και μετά την πάροδο της προβλεπόμενης προθεσμίας, τα οχήματα απομακρύνονται και παραδίδονται σε αδειοδοτημένα κέντρα συμβεβλημένα με την Εναλλακτική Διαχείριση Οχημάτων Ελλάδος (ΕΔΟΕ), προκειμένου να υποβληθούν στις προβλεπόμενες διαδικασίες επεξεργασίας, αξιοποίησης, τεμαχισμού και διάθεσης.
- **Υποθαλάσσιος Καθαρισμός:** Τόσο ο Δ. Χανίων όσο και το Δημοτικό Λιμενικό Ταμείο, σε συνεργασία με τη μη κερδοσκοπική οργάνωση «Εναλεία», συνέπραξαν για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης από πλαστικά μέσω του προγράμματος Mediterranean Clean Up. Η δράση αποσκοπεί στον υποθαλάσσιο καθαρισμό και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Ειδικότερα, αξιοποιείται το δίκτυο των επαγγελματιών αλιέων για τη συλλογή θαλάσσιων απορριμμάτων που είναι κυρίως πλαστικά και χρησιμοποιούμενα αλιευτικά δίχτυα.

Ο Δήμος Χανίων διαθέτει συνολικά περίπου 5.400 κάδους συλλογής σύμμεικτων απορριμμάτων τόσο πράσινους πλαστικούς όσο και μεταλλικούς γκρι, με την πλειονότητά τους να είναι χωρητικότητας 1.100 L και περίπου 200 τεμάχια χωρητικότητας 240 L, οι οποίοι κατανέμονται ανά Δημοτική Ενότητα. Ειδικότερα, περίπου 2.500 τοποθετήθηκαν στη Δ.Ε. Χανίων, 850 στη Δ.Ε. Ακρωτηρίου, 600 στη Δ.Ε. Ελευθερίου Βενιζέλου, 450 στις Δ.Ε. Σούδας, Νέας Κυδωνίας και Θερίσου, και περίπου 100 στη Δ.Ε. Κεραμειών.

Για το μεικτό ρεύμα των ανακυκλώσιμων χαρτί και συσκευασίες από χαρτί, μέταλλο και πλαστικό) πραγματοποιείται μέσω 2.275 μπλε πλαστικών κάδων χωρητικότητας 1.100 L, όπου έχουν τοποθετηθεί 730 στη Δ.Ε. Χανίων, 350 στη Δ.Ε. Ακρωτηρίου και Σούδας, 350 στη Δ.Ε. Νέας Κυδωνίας, 300 στην Ελ. Βενιζέλου και σε τμήμα της Σούδας, 280 στη Δ.Ε. Θερίσου και 265 στη Δ.Ε. Σούδας και τμήμα της Δ.Ε. Χανίων .

Για τις γυάλινες συσκευές έχουν τοποθετηθεί :

- 221 κίτρινοι πλαστικοί κάδωνες , όπου 115 βρίσκονται στη Δ.Ε. Χανίων, 42 στη Νέα Κυδωνίας, 36 στο Ακρωτήρι, 10 στη Θερίσου, 10 στην Ελ. Βενιζέλου και 8 στη Σούδα) και
- 47 μεταλλικές καμπάνες κοντά σε μεγάλους παραγωγούς, όπου έχουν εγκατασταθεί 23 στη Νέα Κυδωνία, 8 στο Ακρωτήρι, 7 στη Δ.Ε. Χανίων, 4 στη Σούδα, 3 στη Θερίσου και 2 στην Ελ. Βενιζέλου.
- 160 διάσπαρτοι ατομικοί κίτρινοι κάδοι διαφόρων χωρητικοτήτων 50, 150 και 360 λίτρων στις Δ.Ε. Χανίων, Σούδας και Ακρωτηρίου για συλλογή «πόρτα-πόρτα».

Στην Παλιά Πόλη των Χανίων, στο πλαίσιο του οικείου προγράμματος «πόρτα-πόρτα», έχουν διανεμηθεί:

- 430 ατομικοί κάδοι για το πράσινο ρεύμα χωρητικότητας 28–120 L
- 742 ατομικοί κάδοι για το μπλε ρεύμα 10–500 L, και
- 735 ατομικοί κάδοι για το κίτρινο ρεύμα 10–180 L

Για τη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων και κυρίως υπολειμμάτων τροφών προς κομποστοποίηση, έχουν διανεμηθεί:

- 95 καφέ πλαστικοί τροχήλατοι κάδοι 240 L και 360 L σε επιχειρήσεις, λέσχες σίτισης και στρατιωτικές/πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις, όπου οι 70 τοποθετήθηκαν στη Δ.Ε. Χανίων και 25 στο Ακρωτήριο
- 64 οικιακοί κομποστοποιητές , όπου έχουν εγκατασταθεί 28 στη Δ.Ε. Χανίων, 12 στο Ακρωτήριο, 10 στη Νέας Κυδωνίας, 7 στην Ελ. Βενιζέλου, 4 στη Σούδα και 4 στη Θερύσου.

Τέλος, για τη συλλογή ειδών ένδυσης και υπόδησης προς επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση, χρησιμοποιούνται 41 κόκκινοι μεταλλικοί κάδοι της εταιρείας RECYCOM, οι οποίοι κατανέμονται σε 30 στη Δ.Ε. Χανίων, από 4 στη Σούδα, 3 στην Ελ. Βενιζέλου, 3 στο Ακρωτήριο και 1 στη Δ.Ε. Νέας Κυδωνίας.

Ο Δήμος Χανίων και η Διεύθυνση Περιβάλλοντος, Πρασίνου και Καθαριότητας διαθέτουν συνολικά 57 οχήματα και μηχανήματα έργου, εκ των οποίων το ένα βρίσκεται σε ακινησία. Ο στόλος αυτός περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, ημιφορτηγά, εκσκαφείς-φορτωτές, απορριματοφόρα για την εκτέλεση των αποκομιδών, ανατρεπόμενα φορτηγά, ειδικά γερανοφόρα φορτηγά για τη συλλογή και μεταφορά ογκωδών και πράσινων αποβλήτων, καθώς και ένα ειδικό όχημα πλύσης κάδων .Η υφιστάμενη κατάσταση του στόλου αποτυπώνεται στον Πίνακα 6.3

Πίνακας 6.3: Υφιστάμενος στόλος οχημάτων και μηχανημάτων καθαριότητας (Δήμος Χανίων, 2022)

Τομέας Επιχειρησιακής Χρήσης	Κατηγορία / Τύπος Οχήματος	Πλήθος (Μονάδες)
Σύμμεικτα Αστικά Απόβλητα	Απορριματοφόρα συλλογής σύμμεικτων ΑΣΑ	30
Απόβλητα Συσκευασιών	Απορριματοφόρο με σύστημα συμπίεσης (Πρέσα)	3
Πράσινα (Απόβλητα Κήπων)	Εκσκαφείς-φορτωτές, ανατρεπόμενα φορτηγά, ημιφορτηγά και γερανοφόρα που εξυπηρετούν	15

	πράσινα	
Μεταφορά Υλικών - Συνεργείο	Ημιφορτηγά και κλειστά φορτηγά υποστήριξης	6
Κλαδέματα& Ογκώδη	Φορτηγά, ανατρεπόμενα, γερανοφόρα και ημιφορτηγά ογκωδών	14
Μεταφορά Κάδων	Ημιφορτηγά μεταφοράς κάδων	1
Πλύση Κάδων	Καδοπλυντήριο	2

6.3 Προτεινόμενο μοντέλο αξιοποίησης οργανικού κλάσματος

Ο Δήμος Χανίων, εναρμονιζόμενος πλήρως με τις εθνικές και ευρωπαϊκές κατευθύνσεις της κυκλικής οικονομίας, του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ 2020-2030) και του Ν. 4819/2021, προωθεί ένα ολοκληρωμένο και πολυδιάστατο μοντέλο διαχείρισης του οργανικού κλάσματος. Το προτεινόμενο μοντέλο βασίζεται στην ιεράρχηση των αποβλήτων δίνοντας προτεραιότητα στην πρόληψη, στη διαλογή στην πηγή (ΔσΠ) και στην κυκλική αξιοποίηση, συνδυάζοντας την κεντρική οργανωμένη αποκομιδή με την αποκεντρωμένη διαχείριση.

Σε επίπεδο αποκεντρωμένης διαχείρισης και προετοιμασίας στην πηγή, ο Δ. Χανίων προωθεί ενεργά την οικιακή και συνοικιακή κομποστοποίηση μέσω της προμήθειας και διανομής 106 κάδων οικιακής κομποστοποίησης με πλήρη παρελκόμενα και 6 κλειστών μηχανικά αναδυόμενων κομποστοποιητών γειτονιάς χωρίς την απαίτηση παροχής ενέργειας. Επιπλέον, υλοποιεί προγράμματα κομποστοποίησης σε 15 σχολικά συγκροτήματα και παιδικούς σταθμούς, όπως στις περιοχές Τσικαλαριών, Κεραμιών, Νεροκούρου, Βαρυπέτρου και Γαλατά. Επιπρόσθετα, ενθαρρύνεται η κατασκευή ιδιωτικών οικιακών κομποστοποιητών από υλικά όπως ξύλινες παλέτες και κοτετσόσυρμα, οι οποίοι καταγράφονται επίσημα στο δημοτικό δίκτυο.

Όσον αφορά την κεντρική διαλογή στην πηγή εφαρμόζονται δύο βασικά χρηματοδοτούμενα έργα που είναι η Πράξη «Δράσεις ΔσΠ βιοαποβλήτων εκτός της περιοχής παρέμβασης της ΣΒΑΑ RECODE» και η Πράξη «ΠΡΟΛΗΨΗ αλλά και ΠΡΟ(Σ)ΚΛΗΣΗ» στην περιοχή παρέμβασης RECODE , η οποία υλοποιείται στη

βόρεια περιοχή της Δημοτικής Ενότητας Χανίων. Η Πράξη αυτή περιλαμβάνει τη διανομή χιλιάδων κάδων κουζίνας χωρητικότητας 10L, 28L και 50L σε νοικοκυριά, δημοτικές υπηρεσίες και σχολικές μονάδες, μαζί με εκατοντάδες χιλιάδες βιοδιασπώμενους σάκους. Ταυτόχρονα, αναπτύσσεται ένα εκτεταμένο δίκτυο 1.500 εξωτερικών τροχήλατων καφέ κάδων χωρητικότητας 240L, 360L και 660L, όπου τους παρέχονται ειδικές κλειδαριές και κλειδιά για τη διασφάλιση της καθαρότητας του συλλεγόμενου υλικού. Σε αυτό το δίκτυο εντάσσονται υποχρεωτικά οι 1.468 επιχειρήσεις μαζικής εστίασης του Δήμου, οι υπεραγορές τροφίμων, τα οπωροπωλεία, τα ανθοπωλεία, τα στρατόπεδα και τα ξενοδοχεία άνω των 100 κλινών, για τα οποία εφαρμόζεται υποχρεωτικά από την 1η/1/2023 το σύστημα «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ). Η αποκομιδή των βιοαποβλήτων πραγματοποιείται με εξειδικευμένα απορριμματοφόρα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων δίχωρων οχημάτων 7,2 cm³ και ειδικού αυτοκινούμενου οχήματος πλύσης και απολύμανσης κάδων 2.000 L. Για τα πράσινα απόβλητα και τα κλαδέματα υπάρχουν δύο ειδικά φορτηγά οχήματα με γερανό και αρπάγη καθώς και δύο ρυμουλκούμενοι κλαδοτεμαχιστές. Επιπρόσθετα, για τα χρησιμοποιημένα βρώσιμα έλαια και λίπη, ο Δήμος οργανώνει ξεχωριστό δημοτικό δίκτυο με την τοποθέτηση 50 ειδικών καφέ κάδων με υποδοχή για μπουκάλια, καθώς και την εγκατάσταση 9 ηλεκτρομηχανικών μηχανημάτων τύπου ATM συλλογής, συνοδευόμενων από ψηφιακή πλατφόρμα, barcode scanners, 25.000 ειδικά μπουκάλια συλλογής και σύστημα επιβράβευσης πολιτών μέσω ανταποδοτικών πόντων. Το σύνολο των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων που συλλέγονται μεταφέρεται για τελική επεξεργασία στην υφιστάμενη Μονάδα Επεξεργασίας Βιοαποβλήτων (ΜΕΒΑ) εντός του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) της ΟΕΔΑ Χανίων στην Κορακιά Ακρωτηρίου. Εκεί, μέσω αερόβιας ή αναερόβιας επεξεργασίας, τα οργανικά υλικά μετατρέπονται σε εδαφοβελτιωτικό υψηλής ποιότητας, εκτρέποντας τα απόβλητα από τον Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ) και αποτρέποντας την επιβολή του θεσμοθετημένου τέλους ταφής.

6.4 Ποσοτική ανάλυση του οργανικού κλάσματος

Η ποσοτική ανάλυση του οργανικού κλάσματος στον Δ. Χανίων βασίζεται στα επίσημα στοιχεία και τις παραδοχές του εγκεκριμένου Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων Κρήτης (ΠΕΣΔΑΚ 2016) και εξειδικεύεται σύμφωνα με τα εθνικά ισοζύγια του ΕΣΔΑ 2020-2030. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, τα

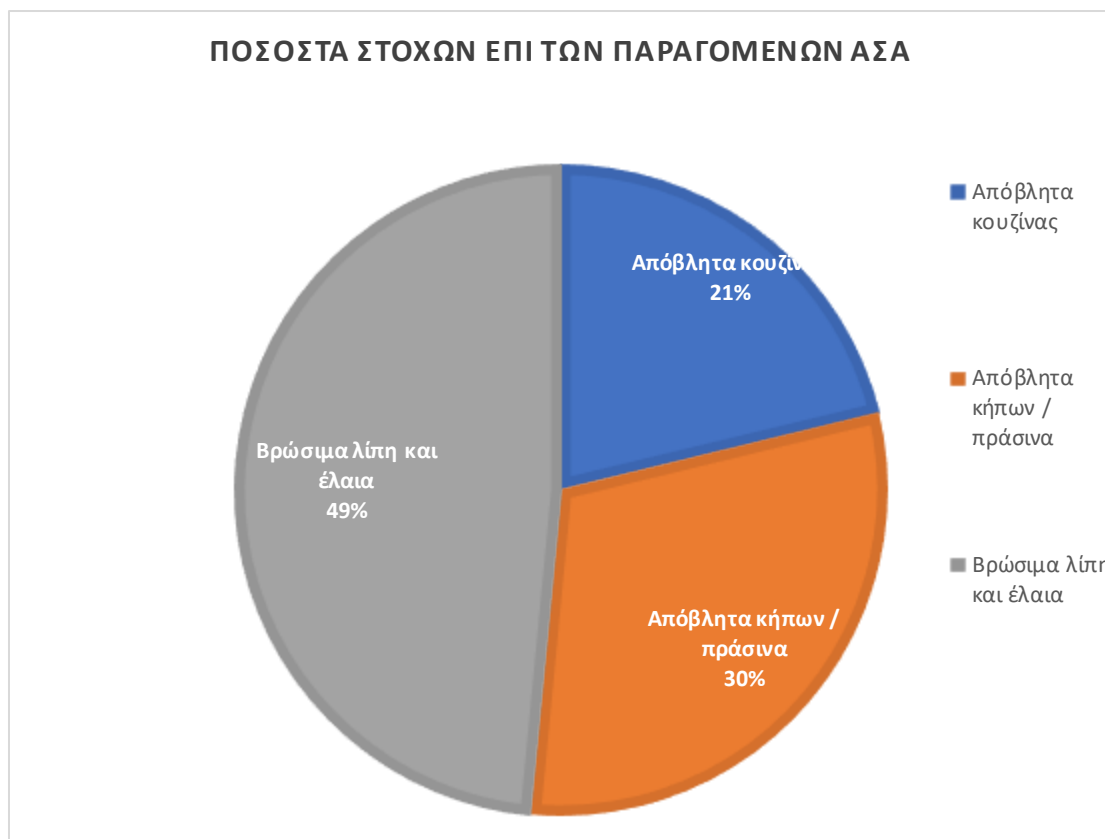
βιοαποδομήσιμα απόβλητα και ειδικότερα τα βιοαπόβλητα αποτελούν το μεγαλύτερο επιμέρους ρεύμα παραγωγής, κατέχοντας το 39,15% επί του συνολικού βάρους των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ).

Αναλύοντας τη λεπτομερή διάρθρωση του οργανικού κλάσματος επί του συνόλου των παραγόμενων ΑΣΑ, τα απόβλητα κουζίνας και μαγειρείων ανέρχονται σε 34,1%, αντιπροσωπεύοντας το 87% του συνολικού οργανικού ρεύματος, τα απόβλητα κήπων και τα πράσινα απόβλητα αντιστοιχούν σε 3,9150%, αντιπροσωπεύοντας το 10% του οργανικού ρεύματος, ενώ τα βρώσιμα λίπη και έλαια καταλαμβάνουν 1,1745% αντιπροσωπεύοντας το 3% του οργανικού ρεύματος.

Για το έτος 2025, όπου η συνολική παραγωγή ΑΣΑ του Δ. Χανίων προβλέπεται να ανέλθει σε 79.157,91 τόνους, η συνολική δυνητική παραγωγή βιοαποβλήτων διαμορφώνεται σε 30.990,32 τόνους ετησίως. Ο Δ. Χανίων καλείται να επιτύχει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους χωριστής συλλογής και εκτροπής των βιοαποβλήτων σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο, οι οποίοι αποτυπώνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 6.4. Ποσοτική ανάλυση και στόχοι διαχείρισης βιοαποβλήτων Δήμου Χανίων για το έτος 2025

Ρεύμα Βιοαποβλήτων	Στόχος ποσοστού ΔσΠ / Ξεχωριστής Συλλογής	Απόλυτη ποσότητα στόχου ΔσΠ (t)
Απόβλητα κουζίνας	35,00% (μέσω καφέ κάδου)	9.436,55
Απόβλητα κήπων / πράσινα	50,00%	1.549,52
Βρώσιμα λίπη και έλαια	80,00%	743,77
Οικιακή Κομποστοποίηση	4,00%	1.239,61
ΣΥΝΟΛΟ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	41,85%	12.969,45



Εικόνα 6.6 . Ποσοστά στόχων επί των παραγόμενων ΑΣΑ

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω Πίνακα, ο Δ. Χανίων υποχρεούται από τα σύμμεικτα απορρίμματα και να οδηγεί προς χωριστή συλλογή και ανακύκλωση συνολικά 12.969,45 τόνους βιοαποβλήτων το έτος 2025 , ποσότητα που αντιστοιχεί στο 41,85% των συνολικά παραγόμενων βιοαποβλήτων. Η ποσότητα αυτή εμπεριέχει 9.436,55 τόνους αποβλήτων κουζίνας μέσω του δικτύου των καφέ κάδων, 1.549,52 τόνους πράσινων αποβλήτων και κλαδεμάτων, 743,77 τόνους χρησιμοποιημένων βρώσιμων ελαίων και λιπών και 1.239,61 τόνους οικιακής και συνοικιακής κομποστοποίησης.

Η επίτευξη αυτών των ποσοτικών στόχων θεωρείται ζωτικής σημασίας, διότι συμβάλλει καθοριστικά στην εκπλήρωση του γενικού εθνικού στόχου για προετοιμασία προς επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του 55% των συνολικών ΑΣΑ έως το 2025. Επιπλέον, η ανάπτυξη του δικτύου ΔσΠ των βιοαποβλήτων επιτυγχάνει την αποφυγή επιβολής θεσμοθετημένων προστίμων και κυρώσεων που προβλέπονται από τον Ν. 4819/2021 για τους Δήμους, οι οποίοι δεν αναπτύσσουν επαρκή συστήματα χωριστής συλλογής οργανικών, ενώ παράλληλα μειώνει δραστικά

τις ποσότητες που οδηγούνται στον ΧΥΤΥ, περιορίζοντας το οικονομικό βάρος του τέλους ταφής.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1. Βασικά συμπεράσματα

Η παρούσα ερευνητική εργασία ανέδειξε ότι η διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα βρίσκεται σε ένα κρίσιμο μεταίχμιο, όπου η ανάγκη για άμεση μετάβαση από το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο στις αρχές της κυκλικής οικονομίας καθίσταται επιτακτική. Μέσα από τη θεωρητική και θεσμική ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι, παρά την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου ευρωπαϊκού και εθνικού νομοθετικού πλαισίου, η χώρα παρουσιάζει διαχρονική υστέρηση και υψηλό κίνδυνο αστοχίας ως προς την επίτευξη των δεσμευτικών ευρωπαϊκών στόχων για το 2025. Το γεγονός ότι το ποσοστό υγειονομικής ταφής των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα παραμένει καθηλωμένο στο 80%, σε αντίθεση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Σουηδία που περιορίζει την ταφή στο 0,9%, επιβεβαιώνει ότι η έως τώρα διαχείριση στερείται των απαραίτητων δομών εκτροπής και αξιοποίησης των πόρων.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο οργανικό κλάσμα των αποβλήτων (OFMSW), το οποίο αποτελεί το κυρίαρχο ρεύμα των ΑΣΑ τόσο σε ευρωπαϊκό επίπεδο (37%) όσο και ειδικότερα στους Δήμους Πατρέων και Χανίων. Η μη αξιοποίηση του κλάσματος αυτού συνεπάγεται δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς οι χώροι ταφής αποτελούν σημαντική πηγή έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου. Η βιβλιογραφική ανάλυση των σύγχρονων τεχνολογιών αξιοποίησης, όπως η αναερόβια χώνευση, η πυρόλυση και οι καινοτόμες εφαρμογές βιοδιυλιστηρίων για την παραγωγή βιοπλαστικών, ενζύμων και βιοεντομοκτόνων, τεκμηριώνει ότι το οργανικό απόβλητο διαθέτει υψηλή εμπορική και ενεργειακή αξία που μπορεί να επανεισαχθεί στον οικονομικό κύκλο.

Η συγκριτική ανάλυση των δεδομένων των δύο δήμων αναδεικνύει σημαντικές ομοιότητες αλλά και διαφορές ως προς το προτεινόμενο μοντέλο αξιοποίησης του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων. Ως προς τις ομοιότητες, και οι δύο δήμοι εναρμονίζονται πλήρως με το ισχύον εθνικό και ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο, θέτοντας ως βασική προτεραιότητα τη διαλογή στην πηγή (ΔσΠ) και την εκτροπή των βιοαποβλήτων από την ταφή. Στο πλαίσιο αυτό, τόσο ο Δήμος Πατρέων

όσο και ο Δήμος Χανίων υιοθετούν ένα υβριδικό μοντέλο που συνδυάζει την κεντρική συλλογή μέσω δικτύου καφέ κάδων με την αποκεντρωμένη διαχείριση μέσω οικιακής και συνοικιακής κομποστοποίησης. Παράλληλα, και οι δύο σχεδιασμοί προβλέπουν την υποχρεωτική ένταξη των μεγάλων παραγωγών και των επιχειρήσεων μαζικής εστίασης στα προγράμματα χωριστής συλλογής, εφαρμόζοντας παράλληλα το σύστημα «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ), ενώ προβλέπουν ξεχωριστή διαχείριση και θρυμματισμό των πράσινων αποβλήτων κηποτεχνίας για τη ρύθμιση του λόγου C/N κατά την κομποστοποίηση.

Ως προς τις διαφορές τους, αυτές εντοπίζονται κυρίως στην ποσοτική συμμετοχή του οργανικού κλάσματος και στις διαθέσιμες υποδομές τελικής επεξεργασίας. Στον Δ. Πατρέων ο οργανικός κλάσμα φτάνει το 46,1% επί των συνολικών ΑΣΑ (με εκτίμηση 47.140 τόνους το 2025 και στόχο εκτροπής 46,53%), ενώ στον Δήμο Χανίων τα βιοαπόβλητα αντιπροσωπεύουν το 39,15% των ΑΣΑ (30.990,32 τόννοι το 2025, με στόχο χωριστής συλλογής 41,85%). Επιπλέον, ο Δ. Πατρέων βασίζεται στον τοπικό ΧΥΤΑ Ξερόλακκας και σε μελλοντική διοχέτευση σε ΜΕΒΑ, διαφοροποιούμενος από τον Δήμο Χανίων ο οποίος διαθέτει ήδη μια πλήρως οργανωμένη και πρότυπη Ολοκληρωμένη Εγκατάσταση Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΟΕΔΑ) με λειτουργικό Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) μέσω της διαδημοτικής επιχείρησης ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ). Τέλος, ο Δήμος Χανίων ενσωματώνει στο μοντέλο του πιο προηγμένες τεχνολογικά εφαρμογές για τα βρώσιμα έλαια, όπως έξυπνα μηχανήματα τύπου ATM με σύστημα ψηφιακής επιβράβευσης πολιτών και ανταποδοτικών πόντων, στοιχείο που διαφοροποιείται από την πιο παραδοσιακή προσέγγιση συλλογής της Πάτρας.

7.2. Προτάσεις για πολιτικές και τεχνικά μέτρα

Για την εδραίωση ενός λειτουργικού προτύπου κυκλικής οικονομίας και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τα ευρωπαϊκά ορόσημα, κρίνεται αναγκαία η λήψη μιας δέσμης συντονισμένων μέτρων σε πολιτικό, θεσμικό και τεχνικό επίπεδο. Σε επίπεδο πολιτικής, η κεντρική διοίκηση οφείλει να ενδυναμώσει τους ελεγκτικούς μηχανισμούς και να εφαρμόσει με αυστηρότητα την κλιμάκωση του τέλους ταφής, ώστε αυτό να λειτουργήσει ως πραγματικό αντικίνητρο για τους ΟΤΑ και τους ΦοΔΣΑ. Παράλληλα, είναι απαραίτητο να επισπευσθεί η καθολική εφαρμογή του συστήματος «Πληρώνω όσο Πετάω» (ΡΑΥΤ) σε δημοτικό επίπεδο, καθώς και η

ενεργοποίηση του εθνικού συστήματος εγγυοδοτικής επιστροφής (DRS) για τις συσκευασίες, προκειμένου να δοθούν άμεσα οικονομικά κίνητρα στους πολίτες και τις επιχειρήσεις.

Σε τεχνικό και επιχειρησιακό επίπεδο, ο Δήμος Πατρέων πρέπει να επιταχύνει την ανάπτυξη του δικτύου των καφέ κάδων, δίνοντας προτεραιότητα στους μεγάλους παραγωγούς βιοαποβλήτων, όπως οι επιχειρήσεις μαζικής εστίασης, τα super markets, τα ξενοδοχεία και οι λαϊκές αγορές, οι οποίοι υποχρεούνται βάσει νόμου σε χωριστή διαλογή. Για τη βελτιστοποίηση των logistics της αποκομιδής, προτείνεται η ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών αιχμής, όπως έξυπνοι αισθητήρες πληρότητας στους κάδους, συστήματα τηλεμετρίας και αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης για τη δυναμική χάραξη των δρομολογίων των απορριματοφόρων, γεγονός που θα μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα της υπηρεσίας καθαριότητας.

Επιπλέον, απαιτείται η άμεση κατασκευή σύγχρονων μονάδων αναερόβιας χώνευσης και θερμόφιλης κομποστοποίησης στην περιοχή, ώστε το προδιαλεγμένο οργανικό υλικό να τυγχάνει ορθής επεξεργασίας, εξασφαλίζοντας τη σταθερή παραγωγή βιοαερίου και πιστοποιημένου εδαφοβελτιωτικού με αυστηρά κριτήρια διαχείρισης ποιότητας. Τέλος, τα τεχνικά αυτά μέτρα πρέπει να πλαισιωθούν από μόνιμες, στοχευμένες εκστρατείες περιβαλλοντικής ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, σε συνεργασία με την εκπαιδευτική κοινότητα, τα πανεπιστημιακά ιδρύματα και τους τοπικούς παραγωγικούς φορείς, ώστε να ανατραπεί το χαμηλό ποσοστό συμμετοχής των νοικοκυριών στη διαλογή στην πηγή.

7.3. Προοπτικές για μελλοντική έρευνα

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ανοίγουν νέους ορίζοντες για περαιτέρω επιστημονική έρευνα στον τομέα της κυκλικής βιοοικονομίας και της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων. Μια βασική κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα αφορά τη διεξαγωγή αναλυτικών μελετών Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA) για τις διάφορες αναδυόμενες τεχνολογίες επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος. Είναι απαραίτητο να αποτιμηθεί με ακρίβεια το περιβαλλοντικό και ενεργειακό αποτύπωμα των βιοδιωλιστηρίων OFMSW στην Ελλάδα, συγκρίνοντας τη συμβατική κομποστοποίηση με προηγμένες μεθόδους, όπως η εντομολογική βιομετατροπή μέσω προνυμφών (Black Soldier Fly) ή η υδροθερμική απανθράκωση για την παραγωγή hydrochar.

Επιπρόσθετα, ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η τεχνοοικονομική βελτιστοποίηση των διεργασιών ζύμωσης στερεάς κατάστασης (SSF) με σκοπό τη σταθερή και υψηλής απόδοσης παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, όπως οι ίνες πολυγαλακτικού οξέος (PLA) και τα βιο-πολυμερή (PHAs), χρησιμοποιώντας ως αποκλειστικό υπόστρωμα τα ελληνικά οικιακά απόβλητα τροφίμων. Τέλος, κρίνεται σκόπιμη η ανάπτυξη προηγμένων μαθηματικών μοντέλων και αλγορίθμων προσομοίωσης για τη δυναμική παρακολούθηση και διασταύρωση των στατιστικών δεδομένων των αποβλήτων συσκευασίας και των βιοαποβλήτων, προκειμένου να εξαλειφθούν οι υφιστάμενες στατιστικές αβεβαιότητες και να διασφαλιστεί η αξιοπιστία του εθνικού συστήματος καταγραφής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AACC, (2001). American Association of Cereal Chemists Report. *Dietary Fiber Definition Committee*. Cereal Food World 46 (3), 112–126.
- Al Seadi, T., Owen, N., Hellström, H., Kang, H., 2013. *Source separation of MSW: an overview of the source separation and separate collection of the digestible fraction of household waste, and other similar wastes from municipalities, aimed to be used as feedstock for anaerobic digestion in biogas plants*. IEA Bioenergy Task 37 Energy from Biogas Report.
- Anshassi M., T. Smallwood, T.G. (2022). *Townsend, Life cycle GHG emissions of MSW landfilling versus incineration: expected outcomes based on US landfill gas collection regulations*, *Waste Manag.* 142 44–54, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.040>.
- Bian R, T. Zhang, F. Zhao, J. Chen, C. Liang, W. Li, Y. Sun, X. Chai, X. Fang, L. Yuan, (2022). *Greenhouse gas emissions from waste sectors in China during 2006–2019: implications for carbon mitigation*. *Process Saf. Environ. Prot.* 161 488–497
- Bian R., T. Zhang, F. Zhao, J. Chen, C. Liang, W. Li, Y. Sun, X. Chai, X. Fang, L. Yuan., (2022). *Greenhouse gas emissions from waste sectors in China during 2006–2019: implications for carbon mitigation*. *Process Saf. Environ. Prot.* 161 488–497, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.03.050>.
- Bugaian, L. and Diaconu, C., 2020. *Circular economy: concepts and principles*. *Journal of Social Sciences*, III (2), pp. 5 - 12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3871301>.
- Campuzano, R., & González-Martínez, S. (2016). *Characteristics of the organic fraction of municipal solid waste and methane production: A review*. *Waste Management*, 54, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.016>
- Celestino, E., Palma-Oliveira, J. M., & Carvalho, A. (2024). *Innovative roadmap for household organic waste management in the European Union: Pathways to a circular economy*. *Journal of Cleaner Production*, 442, 141014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141014>
- Dai F., S. Zhang, Y. Luo, K. Wang, Y. Liu, X. Ji (2023). *Recent Progress on hydrogen-rich syngas production from coal gasification*. *Processes* 11 1765, <https://doi.org/10.3390/pr11061765>.
- Directorate-General for Environment. (2015). *Assessment of separate collection schemes in the 28 Member States of the EU*. European Commission.
- EC-Ecolabel. (2022). *EU Ecolabel*. European Commission. [europa.eu](https://ec.europa.eu/ecolabel/)
- Ecopreneur. E., (2019), *Circular Economy Update: Overview of circular economy in Europe*.
- EEA. (2023). *Waste prevention country profile - Greece*. European Environment Agency. [europa.eu](https://eea.europa.eu)

EEA. (2024). *Reuse flows according to the implementing decision (EU) 2021/19: Information on the database structure and use* (No. Database version 1). European Environment Agency. europa.eu

EEA. (2025). *Greece profile on municipal and packaging waste management - 2025: Country profiles on municipal and packaging waste management - 2025*. European Environment Agency

Elkadaoui S., M. Azzi, J. Desbrieres, J. Zim, Y. El Hachimi, A. (2024). *Tolaimate, Valorization of Hermetia illucens breeding rejects by chitins and chitosans production. Influence of processes and life cycle on their physicochemical characteristics*. Int. J. Biol. Macromol. 266 131314, <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2024.131314>.

Ellen MacArthur Foundation (2012) *Towards the circular economy* (Vol. 1).

Ellen MacArthur Foundation & McKinsey & Company. (2013). *Towards the circular economy* (Vol. 2). Ellen MacArthur Foundation

EoRPA. (2024). *Circular economy policies in Europe: Assessing regional policy integration*. State Secretariat for Economic Affairs (SECO).

ETC/CE. (2022). *Greece - Early warning assessment related to the 2025 targets for municipal and packaging waste*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/many-eu-member-states/greece/view>

Eurobarometer. (2022). *Public perceptions on waste separation in the EU*. European Commission. (2023a). *Extended producer responsibility in Greece: Current status and future directions*. EU Publications.

European Commission. (2023b). *Horizon Europe green innovation investment*. European Commission.

European Commission. (2023c). *State of waste management infrastructure in Greece*. EU Publications.

European Parliamentary Research Service. (2017). *Towards a circular economy: Waste management in the EU* (Study No. IP/G/STOA/FWC/2013-001/LOT 3/C3). Scientific Foresight Unit (STOA).

Eurostat (2023). *Waste Recycling Rates in the European Union*.

Eurostat. (2024a). *Country-specific notes referring to data on packaging and packaging waste*. Eurostat.

Eurostat. (2024b). *GDP and main components (output, expenditure and income) [nama_10_gdp]*. Eurostat. europa.eu

Eurostat. (2024c). *Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity (env_wasgen)*. Eurostat.

Eurostat. (2024d). *Municipal waste by waste operations [env_wasmun]*. Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASMUN/default/table

Eurostat. (2024e). *Packaging waste by waste management operations (env_waspac)*. Eurostat. europa.eu

Eurostat. (2024f). *Population change - Demographic balance and crude rates at national level [demo_grind]*. Eurostat.

Geodata.gov.gr. (2023). *Open data portal of the Greek government*. Hellenic Ministry of Digital Governance
Greek Ministry of Environment & Energy (2023). *National Waste Management Strategy and Implementation Challenges*. Athens, Greece.

Greek Waste Management Association. (2023). *Community-led circular economy initiatives in Greece*. Greek Waste Management Association.

Hansen, T. L., Jansen, J. C., Spliid, H., Davidsson, A., & Christensen, T. H. (2007). *Composition of source sorted municipal organic waste collected in Danish cities*. *Waste Management*, 27(4), 510–518.

Kalogeropoulos, A., (2021). *Waste Sorting Behavior in Greece: Barriers and Opportunities*. *Sustainable Cities and Society*, 58, 102456.

Kaushal A., M.P. Sharma, (2016). *Methane emission from Panki open dump site of Kanpur, India, Procedia. Environ. Sci.* 35 337–347, <https://doi.org/10.1016/J.PROENV.2016.07.014>.

Kiss, A., & Shelton, D. (2007). *Guide to international environmental law*. Martinus Nijhoff Publishers.

Khuntia, H. K., Paliwal, A., Kumar, D. R., & Chanakya, H. N. (2022). *Review on solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass and organic solid waste*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, Article 514. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10160-2>

Kokkinos, E., Lasaridi, K., Mitoula, R., & Abeliotis, K. (2025). *Assessing a pilot door-to-door municipal collection program in Greece: Implementation insights and evaluation outcomes*. *Environmental Research, Engineering and Management*, 81(2). <https://doi.org/10.5755/j01.erem.81.2.39213>

Liu, D., Zeppilli, M., Villano, M., Buisman, C., & Ter Heijne, A. (2020). *Methane production at biocathodes*. In *Bioelectrosynthesis* (pp. 129–159). Wiley. doi.org/10.1002/9783527343829.ch5.

Liu, J., Huang, S., Chen, K., Wang, T., Mei, M., & Li, J. (2020). *Preparation of biochar from food waste digestate: Pyrolysis behavior and product properties*. *Bioresource Technology*, 302, Article 122841.

Molina-Peñate, E., & Sánchez, A. (2025). *An overview of the technological evolution of organic waste management over the last decade*. *Processes*, 13(4), Article 940. doi.org/10.3390/pr13040940

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2013). *Lehninger principles of biochemistry* (6th ed.). W. H. Freeman and Co.

OECD. (2022). *EPR policies and circular economy transitions: Best practices from the EU*. OECD Publishing.

Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Santos, J. (2016). *An overview of the circular economy among SMEs in the Basque country: A multiple case study*. Journal of Industrial Engineering and Management, 9(5), 1047. doi:10.3926/jiem.2065

Papadimitriou, D. (2022). *Smart Technologies in Waste Sorting: Applications for Greece*. Journal of Cleaner Production, 354, 131523.

Papadopoulos, C. (2022). *Digitalization in Waste Management: Opportunities for Greece*. Sustainability, 14(7), 3864.

Papageorgiou, A. (2021). *Waste Management Enforcement Challenges in Greece: A Policy Review*. Journal of Environmental Policy & Planning, 26(3), 415-432.

Paritosh K., Yadav M., Mathur S., Balan V., Liao W., Pareek N. and Vivekanand V., (2018). *Organic Fraction of Municipal Solid Waste: Overview of Treatment Methodologies to Enhance Anaerobic Biodegradability*. Front. Energy Res. 6:75. doi: 10.3389/fenrg.2018.00075

Reloop (2021). *The Impact of Deposit-Return Schemes on Recycling*.

Ren X., Z. Wang, M. Zhao, J. Xie, Z. Zhang, F. Yang, Q. Wang, Y. (2022). *Ding, Role of selenite on the nitrogen conservation and greenhouse gases mitigation during the goat manure composting process*. Sci. Total Environ. 838 155799, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155799>.

Salam, M., Grossule, V., Elouali, S., Wang, F., Benali, S., Raquez, J. M., Yakti, W., Bolletta, V., Henjak, M., Hayat, F., & Wang, Q. (2024). *Sustainable biowaste management: Uncovering the environmental footprint of traditional and emerging waste managing technologies*. Science of The Total Environment, 907, 168015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168015>

Salam, M., Grossule, V., Elouali, S., Wang, F., Benali, S., Raquez, J. M., Yakti, W., Bolletta, V., Henjak, M., Hayat, F., & Wang, Q. (2025). *Sustainable biowaste management: Uncovering the environmental footprint of traditional and emerging waste managing technologies*. Science of The Total Environment, 907, 168015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168015>

Selimi, G. (2025). *Analyzing the Greek legal framework on waste management within the circular economy context: Lessons learnt and lessons from EU best practices*. Circular Economy & Climate Institute Papers. European Public Law Organisation (EPLO).

Stahel, W. R. (2018). *The circular economy: A user's guide*. Routledge.

Swedish Waste Management Association (2021). *Municipal Waste Recovery Success in Sweden*.

Tjahjono, B., & Ripanti, E. (2019). *Unveiling the potentials of circular economy values in logistics and supply chain management*. Springer.

Valorgas, 2010. *Compositional analysis of food waste from study sites in geographically distinct regions of Europe*. MTT Agrifood Research Finland (Maa Ja Elintarviketalouden Tutkimuskeskus). VALORGAS Project. Finland.

Wang T., Y. Zhai, Y. Zhu, C. Li, G. Zeng, (2018). A review of the hydrothermal carbonization of biomass waste for hydrochar formation: process conditions, fundamentals, and physicochemical properties, *Renew. Sust. Energ. Rev.* 90 223–247, <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.03.071>.

Ελληνικές πηγές

Δήμος Πατρέων. (2023). *Τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων Δήμου Πατρέων*. Διεύθυνση Καθαριότητας, Ανακύκλωσης και Μηχανολογικού Εξοπλισμού.

Δήμος Χανίων (2022). *Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Δήμου Χανίων*.

ΕΠΠΕΡΑΑ. (2014). *Οδηγός λειτουργίας και ασφάλειας χώρων υγειονομικής ταφής αποβλήτων*. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο. (2023). *Ειδική έκθεση 17/2023: Κυκλική οικονομία — Αργός ο ρυθμός μετάβασης των κρατών μελών παρά τη δράση της ΕΕ*. Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

IOBE. (2022). *Κυκλική οικονομία: Ευκαιρίες, προκλήσεις και επιδράσεις στην ελληνική οικονομία*. Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών.

Κοτταρίδη, Κ. (2020). *Κυκλική οικονομία & μικρές επιχειρήσεις: Ανάδειξη εμποδίων, καλές πρακτικές και προτάσεις για την ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας*. ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ.

ΡΑΑΕΥ (Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων), (2025). *Εισαγωγή στη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση*. Κλάδος Αποβλήτων., www.raaey.gr Απρίλιος 2025

ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας), (2022). *Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία*. Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων.

Νομοθεσία

Νόμος 4555/2018. (2018). *Μεταρρύθμιση του θεσμικού πλαισίου της Τοπικής Αυτοδιοίκησης – Πρόγραμμα «ΚΛΕΙΣΘΕΝΗΣ Ι»*. ΦΕΚ 133/Α/19-7-2018.

Νόμος 4819/2021. (2021). *Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων – Ενσωμάτωση των Οδηγιών 2018/851 και 2018/852*. ΦΕΚ 129/Α/23-7-2021.

Νόμος 4936/2022. (2022). *Εθνικός κλιματικός νόμος – Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή*. ΦΕΚ 105/Α/27-5-2022.

Ηλεκτρονικές Πηγές

European Commission. (n.d.). *Circular economy*. <https://ec.europa.eu>

European Environment Agency. (n.d.). *Waste and recycling*. <https://www.eea.europa.eu>

European Parliament. (n.d.). *Circular economy*. <https://www.europarl.europa.eu>

Eurostat. (n.d.). *Waste statistics*. <https://ec.europa.eu/eurostat>

Circular Greece. (n.d.). *Νομοθετικό πλαίσιο κυκλικής οικονομίας*. <https://circulargreece.gr/el/nomothetiko-plaisio/>

CORDIS. (n.d.). *EU research and innovation projects*. <https://cordis.europa.eu>

Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων. (2025). *Εισαγωγή στη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση*. <https://www.raaey.gr>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2022). *Εθνικό σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία*. Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων.