



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
"ΠΛΗΡΩΝΩ ΌΣΟ ΠΕΤΑΩ"
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

ΝΙΚΟΛΟΠΛΑΚΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΑΜ: 153201

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Α : ΜΟΥΣΤΑΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Β : ΚΟΜΙΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Ιούνιος, 2026

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξανόμενη παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων και οι ευρωπαϊκοί στόχοι για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας καθιστούν αναγκαία την υιοθέτηση αποτελεσματικότερων και δικαιότερων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων από τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης. Στο πλαίσιο αυτό, τα συστήματα «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ – Pay As You Throw, PAYT) αποτελούν μία σύγχρονη προσέγγιση, καθώς συνδέουν μέρος του κόστους διαχείρισης με την ποσότητα ή τη χρήση του συστήματος απόρριψης από τον χρήστη, δημιουργώντας οικονομικά κίνητρα για τη μείωση των σύμμεικτων αποβλήτων και την ενίσχυση της διαλογής στην πηγή.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής ενός συστήματος ΠΟΠ στον Δήμο Ζωγράφου και η διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης πρότασης πιλοτικής εφαρμογής. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση των συστημάτων ΠΟΠ, των διαθέσιμων τεχνολογιών και σχετικών εφαρμογών, ενώ παράλληλα αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά και τα διαθέσιμα δεδομένα διαχείρισης αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πολυκριτηριακή αξιολόγηση τριών εναλλακτικών μοντέλων εφαρμογής, βάσει περιβαλλοντικών, τεχνικών, οικονομικών και κοινωνικών κριτηρίων. Από την αξιολόγηση προέκυψε ότι το υβριδικό σύστημα ΠΟΠ με τεχνολογία RFID αποτελεί την καταλληλότερη από τις εξεταζόμενες επιλογές. Με βάση το αποτέλεσμα αυτό, το σύστημα εξειδικεύτηκε σε πιλοτική εφαρμογή περίπου 1.000 νοικοκυριών και 1.977 κατοίκων, με τεχνική αναβάθμιση περίπου 45 υφιστάμενων κάδων σύμμεικτων αποβλήτων. Το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται στην ταυτοποίηση των χρηστών μέσω RFID, στην ελεγχόμενη πρόσβαση στους κάδους και σε προκαθορισμένη ογκομετρική μονάδα απόρριψης 30 L ανά καταγεγραμμένη χρήση. Η οικονομοτεχνική αποτίμηση της πιλοτικής εφαρμογής προσδιόρισε το αρχικό κόστος επένδυσης σε 85.551,27 €, ενώ το συνολικό κόστος σε χρονικό ορίζοντα πέντε ετών εκτιμήθηκε σε 287.742,27 €. Παράλληλα, στο εξεταζόμενο πενταετές σενάριο η ποσότητα των σύμμεικτων αποβλήτων μειώνεται κατά περίπου 6,43%, ενώ το ποσοστό ανακύκλωσης αυξάνεται από 5,95% σε 12%. Για τον ενδεικτικό μηχανισμό χρέωσης υιοθετήθηκε συνδυασμός σταθερού και μεταβλητού τέλους, με αναλογία 60% και 40% αντίστοιχα, ενώ η μεταβλητή χρέωση εκτιμήθηκε σε περίπου 0,25 € ανά καταγεγραμμένη χρήση των 30 L.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το προτεινόμενο σύστημα ΠΟΠ–RFID μπορεί να αποτελέσει μία εφαρμόσιμη επιλογή για πιλοτική δοκιμή στον Δήμο Ζωγράφου. Ωστόσο, οι οικονομικές και περιβαλλοντικές εκτιμήσεις βασίζονται στις παραδοχές της μελέτης και δεν αποτελούν πρόβλεψη πραγματικών αποτελεσμάτων. Η πιλοτική εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες κρίνεται απαραίτητη για την αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος, της συμμετοχής των πολιτών, της εξέλιξης των ποσοτήτων αποβλήτων και του πραγματικού λειτουργικού κόστους πριν από ενδεχόμενη ευρύτερη εφαρμογή.

Λέξεις-κλειδιά: Πληρώνω Όσο Πετάω (ΠΟΠ), PAYT, RFID, Δήμος Ζωγράφου, αστικά στερεά απόβλητα, κυκλική οικονομία, ογκομετρική χρέωση.

ABSTRACT

The increasing generation of municipal solid waste and the European Union's objectives for promoting the circular economy highlight the need for more efficient and equitable waste management systems at the local government level. Within this context, Pay-As-You-Throw (PAYT) schemes represent a modern approach, as they link part of the waste management cost to the quantity of waste disposed of or to the user's recorded use of the disposal system, thereby creating economic incentives for reducing mixed waste and strengthening source separation.

The aim of this thesis is to investigate the feasibility of implementing a PAYT system in the Municipality of Zografou and to develop a comprehensive proposal for a pilot application. For this purpose, a literature review was conducted on PAYT systems, available technologies, and relevant implementation practices, while the characteristics and available waste management data of the Municipality of Zografou were also analyzed.

A multi-criteria evaluation of three alternative implementation models was subsequently carried out based on environmental, technical, economic, and social criteria. The evaluation indicated that the hybrid PAYT system supported by RFID technology was the most suitable among the examined alternatives. Based on this result, the system was further specified as a pilot application involving approximately 1,000 households and 1,977 residents, with the technical upgrade of approximately 45 existing mixed-waste bins. The proposed system is based on RFID user identification, controlled access to the bins, and a predefined volumetric disposal unit of 30 L per recorded use.

The techno-economic assessment of the pilot application estimated the initial investment cost at €85,551.27, while the total cost over a five-year period was estimated at €287,742.27. In parallel, under the examined five-year scenario, the quantity of mixed waste decreases by approximately 6.43%, while the recycling rate increases from 5.95% to 12%. For the indicative charging mechanism, a combination of fixed and variable charges was adopted, with a 60% and 40% allocation respectively, while the variable charge was estimated at approximately €0.25 per recorded 30 L use.

The findings indicate that the proposed PAYT-RFID system could constitute an applicable option for pilot testing in the Municipality of Zografou. However, the economic and environmental estimates are based on the assumptions adopted in this

study and should not be interpreted as predictions of actual future performance. A real-life pilot application is therefore considered necessary in order to evaluate system operation, citizen participation, changes in waste quantities, and actual operating costs before any potential wider implementation.

Keywords: Pay-As-You-Throw (PAYT), RFID, Municipality of Zografou, municipal solid waste, circular economy, volume-based charging.

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Ακρωνύμιο Πλήρης ονομασία (Ελληνικά)		Αγγλική ονομασία
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα	Municipal Solid Waste (MSW)
ΠΟΠ	Πληρώνω Όσο Πετάω	Pay-As-You-Throw (PAYT)
PAYT	Πληρώνω Όσο Πετάω	Pay-As-You-Throw
RFID	Αναγνώριση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων	Radio Frequency Identification
IoT	Διαδίκτυο των Πραγμάτων	Internet of Things
GIS	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	Geographic Information System
ΕΣΔΑ	Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων	National Waste Management Plan
ΤΣΔΑ	Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων	Local Waste Management Plan
ΔσΠ	Διαλογή στην Πηγή	Source Separation
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης	Local Government Authority
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων	Sanitary Landfill
ΚΔΑΥ	Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών	Materials Recovery Facility (MRF)
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση	European Union (EU)
KPI	Βασικός Δείκτης Απόδοσης	Key Performance Indicator

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	3
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	5
1. Εισαγωγή	10
1.1 Περιγραφή του στόχου της ΜΔΕ.....	10
1.2 Στοιχείο καινοτομίας.....	11
2. Θεωρητικό Πλαίσιο	12
2.1 Βασικές αρχές διαχείρισης στερεών αποβλήτων	12
2.2 Η κυκλική οικονομία – Zero Waste Cities.....	13
2.3 Συστήματα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων	15
2.4 Το σύστημα Πληρώνω Όσο Πετάω (ΠΟΠ).....	17
2.5 Διεθνείς και Ευρωπαϊκές πρακτικές του ΠΟΠ	21
2.6 Ελληνική πραγματικότητα και εφαρμογή συστημάτων ΠΟΠ.....	22
3. Μελέτη Περίπτωσης εφαρμογής του ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου.....	28
3.1 Περιγραφή περιοχής μελέτης.....	28
3.2 Υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων	29
3.3 Ποσοτικά στοιχεία παραγωγής αποβλήτων	31
3.4 Προβλήματα και Ανάγκες Δήμου Ζωγράφου	33
4. Αξιολόγηση εφαρμογής του ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου	34
4.1 Μεθοδολογία αξιολόγησης.....	34
4.2 Κριτήρια Αξιολόγησης	35
4.3 Ανάπτυξη Σεναρίων εφαρμογής ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου	36
4.4 Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων.....	38
4.5 Προτεινόμενο Μοντέλο ΠΟΠ για το Δήμο Ζωγράφου	40
4.6 Προκλήσεις και περιορισμοί εφαρμογής.....	46
5. Αξιοποίηση αποτελεσμάτων και προτάσεις εφαρμογής.....	49

5.1	Αναμενόμενα οφέλη από την εφαρμογή ΠΟΠ	49
5.2	Σχεδιασμός του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης ΠΟΠ–RFID στον Δήμο Ζωγράφου	51
5.3	Προτεινόμενα στάδια εφαρμογής του μοντέλου ΠΟΠ+RFID	52
5.4	Οικονομοτεχνική αποτίμηση της πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID στο Δήμο Ζωγράφου	57
5.5	Προϋποθέσεις και προτάσεις επιτυχούς εφαρμογής.....	70
6.	Συμπεράσματα	72
6.1	Συμπεράσματα της μελέτης	72
6.2	Περιορισμοί της μελέτης	73
6.3	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	74
7.	Βιβλιογραφία	76

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1-Εξέλιξη ποσοτήτων αποβλήτων ανά ρεύμα στον Δήμο Ζωγράφου κατά την περίοδο 2015–2019	32
Διάγραμμα 2 - Αξιολόγηση Υφιστάμενης Κατάστασης	33
Διάγραμμα 3 - Κατηγοριοποίηση Κριτηρίων Αξιολόγησης ΠΟΠ	35
Διάγραμμα 4 - Σκορ βαθμολογιών σεναρίων	40
Διάγραμμα 5- Διάγραμμα ροής προτεινόμενου μηχανισμού χρέωσης.....	51
Διάγραμμα 6-Κατανομή αρχικού κόστους (CAPEX) πιλοτικής εφαρμογής.....	64
Διάγραμμα 7-Εξέλιξη ετήσιου κόστους πιλοτικής εφαρμογής	65
Διάγραμμα 8-Εκτιμώμενη εξέλιξη σύμμεικτων αποβλήτων πιλοτικής εφαρμογής.....	67
Διάγραμμα 9-Μεταβολή κατανομής αποβλήτων πιλοτικής εφαρμογής	67

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1- Απεικόνιση της ISWM προσέγγισης. (η εικόνα ανακατασκευάστηκε)	16
Εικόνα 2 - Διάγραμμα ροής λειτουργίας συστήματος ΠΟΠ (η εικόνα ανακατασκευάστηκε).....	19
Εικόνα 3 - Διάγραμμα εξέλιξης υγειονομικής ταφής από το 2010 έως το 2023 στις χώρες της ΕΕ (European Environment Agency, 2025a)	23

Εικόνα 4 - Διοικητικά Όρια Δήμου Ζωγράφου.....	28
Εικόνα 5- Ενδεικτικό σύστημα ελεγχόμενης πρόσβασης και ογκομετρικής απόρριψης σε υφιστάμενο κάδο.....	43
Εικόνα 6-Διάγραμμα ροής Hybrid RFID με ογκομετρική χρέωση σύμμεικτων	46

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1- Σύγκριση αποτελεσμάτων συστήματος ΠΟΠ από την θεωρία στην πράξη	20
Πίνακας 2-Εφαρμογή μοντέλου ΠΟΠ στην Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο	21
Πίνακας 3-Σύγκριση Ελλάδας και ΕΕ-28 στη διαχείριση των ΑΣΑ (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020)	22
Πίνακας 4 - Συγκεντρωτικά στοιχεία αποτύπωσης υφιστάμενης κατάστασης για τα ΑΣΑ στην Ελλάδα (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020)	23
Πίνακας 5-Συγκεντρωτικά στοιχεία αποτύπωσης υφιστάμενης κατάστασης για τα επιμέρους ρεύματα αποβλήτων που περιέχονται στα ΑΣΑ στην Ελλάδα (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020)	24
Πίνακας 6 - Στοιχεία Περιοχής Μελέτης.....	29
Πίνακας 7- Κάδοι απορριμμάτων Δ. Ζωγράφου.....	30
Πίνακας 8 - Ανθρώπινο Δυναμικό Δ.Ζωγράφου	30
Πίνακας 9 - Εξοπλισμός Δ. Ζωγράφου	31
Πίνακας 10-Ποσότητες συλλεγόμενων αποβλήτων ανά ρεύμα στον Δήμο Ζωγράφου (2015–2019).....	31
Πίνακας 11 - Βαθμονόμηση Κριτηρίων Πίνακα Αξιολόγησης	38
Πίνακας 12 - Πολυκριτηριακός Πίνακας Αξιολόγησης ΠΟΠ Δήμου Ζωγράφου.	39
Πίνακας 13 - Πίνακας Αιτιολόγησης τελικής Απόφασης	41
Πίνακας 14 - Συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών και οικονομικών απαιτήσεων εφαρμογής των εναλλακτικών σεναρίων ΠΟΠ	41
Πίνακας 15- Αναμενόμενα Περιβαλλοντικά Οφέλη από την Εφαρμογή ΠΟΠ στο Δ.Ζωγράφου.....	50
Πίνακας 16-Υφιστάμενη υποδομή προς αξιοποίηση	52
Πίνακας 17-Προτεινόμενα χαρακτηριστικά πιλοτικής εφαρμογής	53
Πίνακας 18-Στόχοι της πιλοτικής εφαρμογής.....	53
Πίνακας 19-Δείκτες παρακολούθησης	54

Πίνακας 20- Βασικές παραδοχές και διαστασιολόγηση της πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID.....	59
Πίνακας 21- Εκτίμηση αρχικού κόστους (CAPEX) πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID	61
Πίνακας 22- Εκτίμηση ετήσιου λειτουργικού κόστους (OPEX) πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID.....	63
Πίνακας 23-Εκτιμώμενη πενταετής εξέλιξη της πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID..	66
Πίνακας 24-Ενδεικτική εκτίμηση μεταβλητού μηχανισμού χρέωσης.....	69

1. Εισαγωγή

1.1 Περιγραφή του στόχου της ΜΔΕ

Η Ελλάδα εξακολουθεί να εμφανίζει σημαντική υστέρηση στον τομέα της διαχείρισης αλλά και της ανακύκλωσης αστικών αποβλήτων, παρά τις πολιτικές παρεμβάσεις και τους οικονομικούς πόρους που έχουν διατεθεί τα τελευταία έτη. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία της Eurostat, το ποσοστό ανακύκλωσης παραμένει κάτω του 20%, σημαντικά χαμηλότερο τόσο από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο όσο και από τους δεσμευτικούς στόχους προς την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η αδυναμία επίτευξης των στόχων αποδίδεται σε συστημικές δυσλειτουργίες, όπως ο αποσπασματικός σχεδιασμός των συστημάτων συλλογής, η περιορισμένη εφαρμογή της διαλογής στην πηγή και η ασταθής συμμετοχή των πολιτών.

Οι επιπτώσεις της χαμηλής απόδοσης στην ανακύκλωση μεταφέρονται πρωτίστως στην τοπική αυτοδιοίκηση, καθώς οι Δήμοι επωμίζονται το κύριο βάρος της διαχείρισης των αποβλήτων. Η απόδοση των συστημάτων ανακύκλωσης παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις μεταξύ των Δήμων, με τους μεγάλους και πυκνοκατοικημένους αστικούς Δήμους να αντιμετωπίζουν σοβαρές δυσκολίες λόγω χωρικών περιορισμών, κυκλοφοριακής επιβάρυνσης και αδυναμίας εφαρμογής συστημάτων συλλογής «πόρτα-πόρτα».

Στη διπλωματική εργασία αυτή θα διερευνηθεί και θα αξιολογηθεί ένα εναλλακτικό μοντέλο εφαρμογής διαχείρισης αποβλήτων, το σύστημα «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ – *Pay As You Throw*, *PAYT*) και συγκεκριμένα για τον Δήμο Ζωγράφου Αττικής. Το σύστημα «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ) συνιστά εργαλείο εφαρμογής της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει», καθώς εισάγει μηχανισμούς χρέωσης πολιτών και επιχειρήσεων σε συνάρτηση με την ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αρχικά θα γίνει παρουσίαση και συγκριτική ανάλυση βασικών μοντέλων εφαρμογής του ΠΟΠ, με έμφαση στα πλεονεκτήματα, τις αδυναμίες και τις προϋποθέσεις επιτυχίας τους τόσο σε διεθνές όσο και σε εγχώριο επίπεδο. Στη συνέχεια θα στοχεύσει συγκεκριμένα στο Δήμο Ζωγράφου, όπου λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες της περιοχής θα παρουσιασθούν τα χωρικά, δημογραφικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν το σχεδιασμό και την εφαρμογή του ΠΟΠ. Έπειτα θα αναλύσει τη δομή, τη λειτουργία και τα αποτελέσματα του τρέχοντος εφαρμοσμένου συστήματος συλλογής και διαχείρισης των αποβλήτων του Δήμου και θα παρουσιάσει μέσω ποσοτικών δεδομένων τα

παραγόμενα ρεύματα. Τέλος θα προταθεί σενάριο με κατάλληλο σύστημα ΠΟΠ , το οποίο αφού αναλυθεί και τεκμηριωθεί τεχνικά και οικονομικά θα πρέπει να αξιολογηθεί στο κατά πόσο οι κοινωνικοί και θεσμικοί περιορισμοί μπορούν να το καταστήσουν επιτυχές και βιώσιμο.

1.2 Στοιχείο καινοτομίας

Η παρούσα εργασία προσθέτει στην υπάρχουσα γνώση σε τρεις βασικούς τομείς. Πρώτον, πραγματοποιείται τοπική προσαρμογή του PAYT (Pay-As-You-Throw) σε πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή. Ο Δήμος Ζωγράφου παρουσιάζει υψηλή πυκνότητα πληθυσμού, σημαντική συγκέντρωση φοιτητών και περιορισμένους δημόσιους χώρους για κάδους. Η εργασία εισάγει εναλλακτικά σενάρια εφαρμογής του PAYT ειδικά προσαρμοσμένα στις συνθήκες ενός τέτοιου αστικού περιβάλλοντος. Δεύτερον μπορεί να γίνει αξιολόγηση εναλλακτικών τεχνολογικών λύσεων όπως έξυπνοι κάδοι με RFID και ζύγιση, ατομικές ή ομαδικές κάρτες χρέωσης, συστήματα χρέωσης ανά σακούλα και δίκτυα αισθητήρων για παρακολούθηση της πληρότητας των κάδων. Τρίτον, ενσωματώνεται η κοινωνική διάσταση δηλαδή περιλαμβάνει την ανάλυση της αποδοχής των κατοίκων, προσδιορισμό πιθανών εμποδίων και προσαρμογή του σχεδίου εφαρμογής του PAYT με βάση κοινωνικά χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες της τοπικής κοινότητας.

2. Θεωρητικό Πλαίσιο

2.1 Βασικές αρχές διαχείρισης στερεών αποβλήτων

Η βιομηχανική ανάπτυξη, η αστικοποίηση και η συνεχής αύξηση του πληθυσμού έχουν οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της παραγωγής αποβλήτων, δημιουργώντας παράλληλα προβλήματα όπως η ενεργειακή κρίση και η μείωση των ορυκτών πόρων. Τα απόβλητα μπορούν να παράγονται από διάφορες πηγές, όπως τα νοικοκυριά, οι μεταποιητικές δραστηριότητες, οι βιομηχανικές διεργασίες και οι αστικές δραστηριότητες.

Γενικά τα απόβλητα θεωρούνται και είναι βασική πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος ενώ τα μη αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης αποβλήτων αποτελούν μία από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές προκλήσεις στις σύγχρονες πόλεις, αφού συμβάλλουν περαιτέρω στην επιβάρυνσή του.

Η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει διάφορα στάδια, όπως τη συλλογή, τη διαλογή, την αποθήκευση, τη μεταφορά, την επεξεργασία και την τελική διάθεση των απορριμμάτων. Όλες αυτές οι διαδικασίες ακολουθούν κατευθυντήριες τεχνικές και περιβαλλοντικές αρχές και έχουν στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, τη δημόσιας υγεία και την οικονομία. Ωστόσο η αποτελεσματική διαχείριση των στερεών αποβλήτων επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως οι πολιτικές διαχείρισης, οι κοινωνικές και πολιτιστικές συνθήκες, αλλά και οι γενικότερες πολιτικές και οικονομικές εξελίξεις. (Bello et al., 2022)

Η δημιουργία μιας αποτελεσματικής και οικονομικά αποδοτικής στρατηγικής για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) έχει αναδειχθεί σε κρίσιμο ζήτημα στη σύγχρονη κοινωνία. Σύμφωνα με αποτελέσματα της Eurostat για το 2025 η παραγωγή αστικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αυξήθηκε κατά 9,5% από το 1995 έως το 2023, φτάνοντας τα 511 kg/κάτοικο έως το 2023. Η αύξηση αυτή απαιτεί καινοτόμες και αποδοτικές προσεγγίσεις διαχείρισης αποβλήτων οι οποίες θα έχουν στόχο τη μείωση και την ανακύκλωσή τους σύμφωνα με την ιεραρχία διαχείρισης των αποβλήτων. (Le Pera and Sellaro, 2026)

Η σύγχρονη διαχείριση των αποβλήτων βασίζεται στην ιεραρχία των αποβλήτων ως μοντέλο, η οποία κατά την εξέταση του τρόπου διαχείρισης των αποβλήτων θέτει σε

προτεραιότητα τη μείωση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των αποβλήτων σε σχέση με την επεξεργασία και τη διάθεση τους. Στις Ηνωμένες Πολιτείες η αρχή αυτή εισήχθη μέσω μιας εμπορικής επιχείρησης της 3M, ενώ ο Ad Lansink, βουλευτής από την Ολλανδία, την εισήγαγε στο Ολλανδικό Κοινοβούλιο το 1979. Αργότερα, η αρχή αυτή ενσωματώθηκε στην Οδηγία-Πλαίσιο για τα Απόβλητα 2008/98/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης ενώ το 2015 η Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία από την COM/2015/0614 ανέδειξε τη σημασία της διαχείρισης αποβλήτων με βάση την ιεραρχία τόσο ως σημαντικό τρόπο για την επίτευξη καλύτερου περιβαλλοντικού αποτελέσματος όσο και ως προς την επανένταξη πολύτιμων υλικών στην οικονομία.(Pires and Martinho, 2019)

2.2 Η κυκλική οικονομία – Zero Waste Cities

Οι παραδοσιακές μέθοδοι διαχείρισης αποβλήτων που επικεντρώνονται κυρίως στη συλλογή και την απόρριψη αποδεικνύεται ότι είναι μη βιώσιμες. Οι λόγοι είναι κυρίως οι αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα, του εδάφους και του νερού καθώς και στη συμβολή τους στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η σύνηθες γραμμική ροή υλικών ακολουθεί το μοτίβο εξαγωγή, παραγωγή, κατανάλωση και τέλος απόρριψη η οποία όμως οδηγεί σε άσκοπη απώλεια πολύτιμων πόρων και συμβάλλει στην περιβαλλοντική υποβάθμιση. Ως απάντηση σε αυτά τα προβλήματα έρχεται η έννοια των πόλεων μηδενικών αποβλήτων (Zero Waste Cities) η οποία βασίζεται στις αρχές της κυκλικής οικονομίας.(Makan et al., 2025)

Οι στρατηγικές μηδενικών αποβλήτων είναι βασισμένες και στενά συνδεδεμένες στις αρχές της κυκλικής οικονομίας και έχουν ως στόχο την εξάλειψή τους μέσω συστημικού σχεδιασμού θέτοντας σε προτεραιότητα την ανάκτηση πόρων, την επαναχρησιμοποίηση υλικών αλλά και την ενεργειακή αξιοποίησή τους αντί της τελικής διάθεσης. Παρόλο που εξελίσσονται σημαντικά οι τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων όπως η αυτοματοποιημένη διαλογή ανακυκλώσιμων υλικών, η κομποστοποίηση οργανικών αποβλήτων, η θερμική επεξεργασία μη ανακυκλώσιμων υλικών και η ανακύκλωση αδρανών οι διεργασίες αυτές εφαρμόζονται μεμονωμένα. Οι λόγοι είναι η έλλειψη ολοκληρωμένης προσέγγισης, οι λειτουργικές αναποτελεσματικότητες, οι ανεπαρκείς μηχανισμοί χρηματοδότησης αλλά και η περιορισμένη συμμετοχή του κοινού. Όλα αυτά δυσχεραίνουν την υιοθέτηση ολιστικών μοντέλων που δύνανται να ενσωματώσουν διαφορετικά ρεύματα αποβλήτων ή και τεχνολογίες επεξεργασίας.(Makan et al., 2025)

Η μετάβαση προς πόλεις μηδενικών αποβλήτων θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα ως προς τη βιώσιμη ανάπτυξη τον 21^ο αιώνα. Οφέλη αυτής της μετάβασης θα λογίζονταν η μείωση της εξάρτησης από την υγειονομική ταφή, η ενίσχυση της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, η διατήρηση φυσικών πόρων, η οικονομική βιωσιμότητα και τέλος η εναρμόνιση με διεθνή κανονιστικά πλαίσια. (Makan et al., 2025)

Στις χώρες της ΕΕ οι δήμοι είναι υπεύθυνοι για τη διαχείριση των αποβλήτων και υποχρεούνται να ακολουθούν πρακτικές διαχείρισης οι οποίες ορίζονται από τις οδηγίες και τους κανονισμούς της ΕΕ ώστε να μπορούν να επιτυγχάνουν συγκεκριμένους στόχους ανακύκλωσης. Συγκεκριμένα η οδηγία 2008/98/ΕΚ παρέχει πλέον οικονομικά μέσα και μέτρα ώστε να πετύχουν και να ενθαρρύνουν τους πολίτες να εφαρμόσουν την ιεράρχηση των αποβλήτων είτε συμμετέχοντας σε προγράμματα ανακύκλωσης είτε σε πιο σύνθετες δραστηριότητες και δράσεις. Διότι μια καλά σχεδιασμένη πολιτική διαχείρισης αποβλήτων μπορεί να επιτύχει όχι μόνο τη μείωση των προβλημάτων διαχείρισής τους αυτών καθ' αυτών αλλά και την ενίσχυση της κοινότητας στις περιβαλλοντικές προκλήσεις. Ένα παράδειγμα οικονομικού κινήτρου που προβλέπεται από την οδηγία 2008/98/ΕΚ είναι το σύστημα ΠΟΠ (Πληρώνω Όσο Πετάω). Στόχος του είναι να χρεώνει όσους παράγουν αστικά στερεά απόβλητα σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα των μικτών αποβλήτων από απορρίπτονται τόσο υψηλότερο και το κόστος που θα πρέπει να πληρώσουν οι χρήστες.(Le Pera and Sellaro, 2026)

Οι στρατηγικές των πόλεων μηδενικών αποβλήτων βασίζονται στη μείωση των σύμμεικτων απορριμμάτων και στην ενίσχυση της διαλογής στην πηγή. Στο πλαίσιο αυτό, συστήματα όπως το ΠΟΠ (Πληρώνω Όσο Πετάω) μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο για την εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας, καθώς και να δημιουργήσουν οικονομικά κίνητρα για τη μείωση παραγωγής αποβλήτων και την αύξηση της ανακύκλωσης.

2.3 Συστήματα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

2.3.1 Παραδοσιακά Συστήματα Διαχείρισης

Το πρόβλημα με τα στερεά απόβλητα είναι ότι εξαιτίας των χαρακτηριστικών της βιοδιαθεσιμότητάς τους και της κινητικότητάς τους είναι δύσκολο να αποδομηθούν με αποτέλεσμα να παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον. Σήμερα τις βασικές τεχνολογίες επεξεργασίας στερεών αποβλήτων τις αποτελούν η υγειονομική ταφή, η αποτέφρωση καθώς και οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας όπως η αερόβια και η αναερόβια χώνευση. (Yu et al., 2024)

❖ Υγειονομική Ταφή

Είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας στερεών αποβλήτων και δη για μη διαχωρισμένα απόβλητα. Παρουσιάζει οικονομικά πλεονεκτήματα αλλά η κατάληψη μεγάλων εκτάσεων γης προκαλεί δευτερογενή ρύπανση και κατά συνέπεια υποβάθμιση του εδαφικού και υδάτινου περιβάλλοντος. (Yu et al., 2024)

❖ Αποτέφρωση

Η αποτέφρωση είναι επίσης μία συνηθισμένη μέθοδος διαχείρισης ΑΣΑ λόγω της δυνατότητας της μείωσης του όγκου των αποβλήτων και της μετατροπής τους σε ενέργεια. Παρόλα τα οικονομικά και ενεργειακά οφέλη η διαδικασία της καύσης μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή εκπομπών αέριων ρύπων. (Yu et al., 2024)

❖ Βιολογικές Τεχνολογίες Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

Οι βιολογικές μέθοδοι διαχείρισης όπως η αερόβια κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση είναι τεχνολογίες οι οποίες πετυχαίνουν να μειώνουν την ποσότητα των οργανικών αποβλήτων και να συμβάλλουν ταυτόχρονα στην παραγωγή χρήσιμων προϊόντων όπως οργανικά λιπάσματα και βιοαέριο. Πλεονεκτήματα των τεχνολογιών αυτών λογίζονται επίσης το χαμηλό κόστος τους και η φιλικότητά τους προς το περιβάλλον. Όμως η αποτελεσματικότητά τους επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες ενώ δεν αξιολογείται συστηματικά η αποτελεσματικότητά τους και η τεχνοοικονομική τους απόδοση. (Yu et al., 2024)

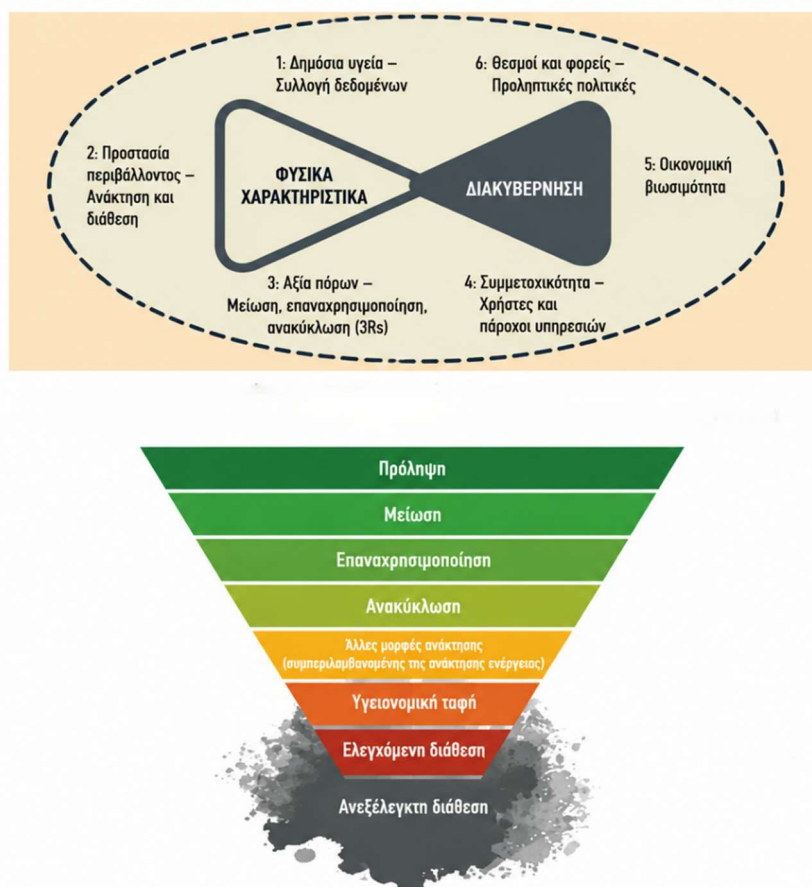
2.3.2 Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

Οι συμβατικές μέθοδοι διαχείρισης αποβλήτων, όπως οι προαναφερόμενες δεν θεωρούνται πλέον επαρκείς λόγω της αυξανόμενης παραγωγής αποβλήτων, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, της περιβαλλοντικής ρύπανσης και της απώλειας πολύτιμων ανακυκλώσιμων υλικών. Οι σύγχρονες προσεγγίσεις που βασίζονται στην πρόληψη των αποβλήτων, την ανακύκλωση, την κομποστοποίηση και τις αρχές της κυκλικής οικονομίας δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων.

Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε η έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Integrated Solid Waste Management – ISWM), η οποία βασίζεται στον συνδυασμό διαφορετικών μεθόδων και πρακτικών διαχείρισης με κριτήρια τη μείωση των αποβλήτων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την κοινωνική αποδοχή και την οικονομική σκοπιμότητα.

Η φιλοσοφία της ISWM είναι η ταυτόχρονη διαχείριση ενός πλήρους φάσματος ροών αποβλήτων όπου ενσωματώνει και εφαρμόζει αλληλένδετες διαδικασίες περιλαμβάνοντας όλα τα στάδια διαχείρισης, από την πρόληψη και τη διαλογή στην πηγή έως την ανακύκλωση, την ανάκτηση ενέργειας και την τελική διάθεση.(Asefi et al., 2020)

Στην εικόνα 1. απεικονίζεται η προσέγγιση της ISWM η οποία εστιάζει σε δύο τρίγωνα τα οποία τονίζουν τη σημασία του ότι ο σχεδιασμός διαχείρισης αποβλήτων εστιάζει τόσο στα φυσικά χαρακτηριστικά όσο και στις πτυχές της διακυβέρνησης δίνοντας έμφαση στην ιεραρχία των αποβλήτων. (“Improving waste management with ISWM,” n.d.)



Εικόνα 1- Απεικόνιση της ISWM προσέγγισης. (η εικόνα ανακατασκευάστηκε)
Πηγή : . (“Improving waste management with ISWM,” n.d.)

Η αποτελεσματική εφαρμογή των ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό για τη σωστή διαλογή στην πηγή και τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων από τη συμμετοχή των πολιτών. Για τον λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί οικονομικά και περιβαλλοντικά μοντέλα που θα μπορούν να παρέχουν αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων. Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία αυτής της κατηγορίας είναι το σύστημα «Πληρώνω Όσο Πετάω» (Pay As You Throw – PAYT), το οποίο βασίζεται στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και συνδέει το κόστος διαχείρισης με την ποσότητα αποβλήτων που παράγεται.

2.4 Το σύστημα Πληρώνω Όσο Πετάω (ΠΟΠ)

2.4.1 Ορισμός & Βασικές Αρχές

Ο αυξανόμενος ρυθμός παραγωγής των αστικών αποβλήτων είναι ένας δείκτης που αντικατοπτρίζει την αυξανόμενη ανισορροπία μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Σύμφωνα με την έκθεση «Παγκόσμιες Προοπτικές Διαχείρισης Αποβλήτων 2024» του United Nations Environment Programme (UNEP), ο παγκόσμιος όγκος αποβλήτων εκτιμάται ότι θα αυξηθεί από 2,3 δισεκατομμύρια τόνους το 2023 σε 3,8 δισεκατομμύρια τόνους μέχρι το 2050. Η εξέλιξη αυτή δεν αφορά μόνο την αύξηση της ποσότητας των αποβλήτων, αλλά συνδέεται και με σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς και με αυξημένο οικονομικό κόστος για τη διαχείρισή τους. (Vesmas et al., 2026)

Σύμφωνα με αυτή τη λογική, το σύστημα Πληρώνω Όσο Πετάω (ΠΟΠ) είναι ίσως ένα εργαλείο για την εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Διότι το μοντέλο «ο ρυπαίνων πληρώνει» είναι μία πρακτική μέσω της οποίας αυτός που προκαλεί τη ρύπανση θα είναι και αυτός που θα επωμιστεί και το κόστος της διαχείρισης των αποβλήτων. Είναι δηλαδή μία οικονομική ιδέα ώστε οι καταναλωτές να επωμίζονται το κόστος των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που εκείνοι δημιουργούν. Ένα σύνθημα παράδειγμα είναι ο φόρος στα καύσιμα. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν καύσιμα όπως βενζίνη, πετρέλαιο είτε για τη μετακίνησή τους είτε για θέρμανση οπότε και προκαλούν ρύπανση. Η φορολόγηση αυτού του αγαθού σημαίνει ότι το πρόσθετο κόστος που επιβαρύνονται αντικατοπτρίζει ταυτόχρονα και το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος. (Hulley, 2020)

Το σύστημα ΠΟΠ έχει σχεδιαστεί για να συνδέει το κόστος διαχείρισης αποβλήτων ως προς τον όγκο των παραγόμενων μικτών αποβλήτων, δίνοντας οικονομικά κίνητρα για τη μείωση των αποβλήτων και τη βελτίωση της χωριστής συλλογής, όπως αντικατοπτρίζεται στις ευρωπαϊκές οδηγίες βέλτιστων πρακτικών. (Vesmas et al., 2026)

Μέσω ενός συστήματος ΠΟΠ που εφαρμόζεται σε μη διαλεγμένα απορρίμματα επιτυγχάνεται η μείωση των αστικών αποβλήτων και η εκτροπή τους από την υγειονομική ταφή. Η μέθοδος παρακολούθησης των ποσοτήτων ποικίλλει ανά δήμο ενώ το τέλος που προκύπτει εξαρτάται από την ποσότητα που συλλέγεται. Κάποιοι ζυγίζουν τα απόβλητα με φορτηγά, άλλοι εκτιμούν από τη συχνότητα συλλογής ή από το μέγεθος του κάδου. (OECD, 2018)

2.4.2 Μέθοδοι Συλλογής - Χρέωσης

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά μοντέλα για τη μέτρηση των απορριμμάτων και την τιμολόγηση του μεταβλητού συντελεστή φορολόγησης. Κανονικά τα απόβλητα υπολογίζονται ανάλογα το βάρος και το μέγεθος, ενώ τα είδη διαχωρίζονται και αναγνωρίζονται μέσω διαφορετικών ειδών σακουλών, δοχείων, ετικετών. Υπάρχουν τρία είδη μοντέλων ανάλογα τον τρόπο συλλογής και βάση αυτών των σχημάτων να γίνεται και η χρέωση.

❖ *Ογκομετρικό σχήμα*

Η χρέωση πραγματοποιείται και εξαρτάται από τον όγκο των παραγόμενων απορριμμάτων ανά καταναλωτή. Η συλλογή μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε σε κάδους αντίστοιχων χωρητικοτήτων, είτε με προπληρωμένες και τυποποιημένες σακούλες είτε με κοινές σακούλες αλλά με ειδικές προπληρωμένες ετικέτες. Με αυτό το σχήμα υπάρχει η δυνατότητα παραλλαγών ανάλογα τις ανάγκες.

❖ *Δυναμομετρικό σχήμα*

Η χρέωση πραγματοποιείται συναρτήσει του βάρους των παραγόμενων απορριμμάτων ανά καταναλωτή.

❖ *Σχήμα συχνότητας*

Η χρέωση πραγματοποιείται βασισμένη στη συχνότητα συλλογής. Όλοι οι δημότες έχουν κάδους ίδιου όγκου, οπότε η χρέωση προκύπτει από το πόσο συχνά επιλέγει ο καταναλωτής να γίνεται η αποκομιδή τους.

❖ *Υβριδικό*

Εδώ δίνεται η δυνατότητα συνδυασμού των παραπάνω σχημάτων. (Καραγιαννίδης et al., 2002)

2.4.3 Μέθοδοι Χρέωσης & Πληρωμής

Ο τρόπος χρέωσης κάθε νοικοκυριού για την διαχείριση των αποβλήτων, στην πλειοψηφία των χωρών παγκοσμίως, πραγματοποιείται προκαταβολικά μέσω της είσπραξης ανταποδοτικών τελών και εξαρτάται από το εμβαδό του ακινήτου του καταναλωτή. Σε ένα σύστημα ΠΟΠ όμως προτείνονται τρία διαφορετικά συστήματα είσπραξης των τελών : (Καραγιαννίδης et al., 2002)

❖ Άμεση Πληρωμή

Πραγματοποιείται απλά με την αγορά ιδιωτικών κάδων, σακούλων ή ετικετών.

❖ Συνδρομητική Υπηρεσία

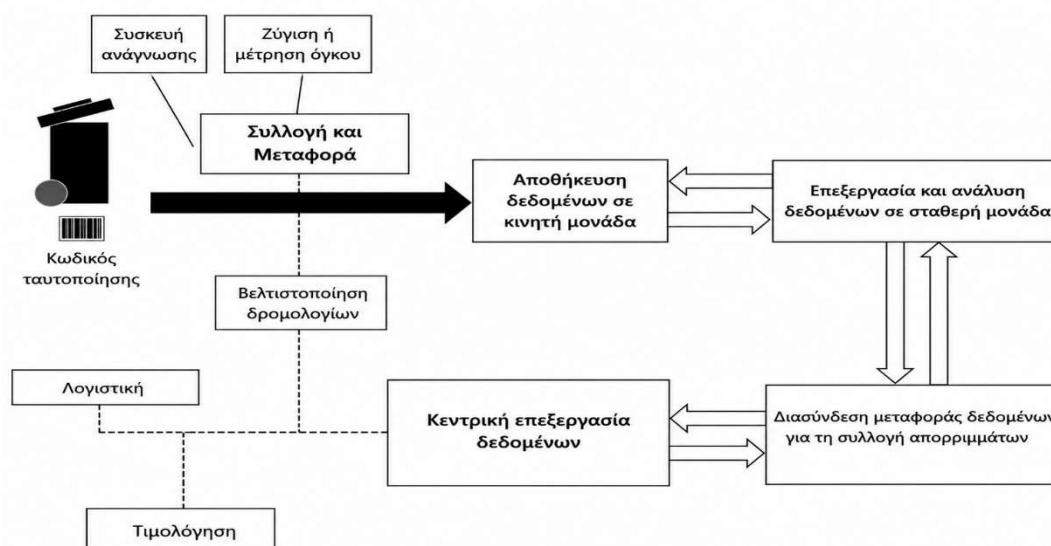
Ο καταναλωτής επιλέγει τι είδους υπηρεσία θα χρειαστεί και σε τι συχνότητα και χρεώνεται βάσει αυτής της επιλογής.

❖ Ανταποδοτικό Σύστημα

Ο καταναλωτής τοποθετεί συγκεκριμένο αριθμό και είδος κάδων στο πεζοδρόμιο και πληρώνει ανάλογα.

Η τεχνική εφαρμογή και προσέγγιση του ΠΟΠ έχει αποδείξει ότι το τέλος των αποβλήτων δε θα πρέπει να εξαρτάται μόνο από την παραγόμενη ποσότητα μόνο αλλά και από ένα μεταβλητό τέλος το οποίο θα αντικατοπτρίζει τον τρόπο διάθεσης και κατανομής της ποσότητας των συλλεγόμενων αποβλήτων έχοντας ως στόχο την πρόληψη και την ανάκτηση των αποβλήτων. (Morlok et al., 2017)

Στην εικόνα 2. Παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής λειτουργίας ενός συστήματος ΠΟΠ στο Aschaffenburg έχοντας στόχο την ανάκτηση δεδομένων με σκοπό την βελτιστοποίηση του συστήματος χρέωσης.



Εικόνα 2 - Διάγραμμα ροής λειτουργίας συστήματος ΠΟΠ (η εικόνα ανακατασκευάστηκε)
Πηγή : (Morlok et al., 2017)

2.4.4 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Συστήματος ΠΟΠ

Υπάρχει εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τα αποτελέσματα της εφαρμογής ενός συστήματος ΠΟΠ. Στον πίνακα 1. συνοψίζονται μέσα από δύο βιβλιογραφικές αναφορές τα κυριότερα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του συστήματος τόσο από την πλευρά της θεωρίας όσο και από την πλευρά της εφαρμογής του συστήματος. Παράλληλα, σύμφωνα με τους (Dahlén and Lagerkvist, 2010) οι αξιολογήσεις των πραγματικών επιπτώσεων είναι περιορισμένες καθώς δεν υπάρχουν επαρκή ομοιόμορφα και συγκρίσιμα δεδομένα ως προς τη συλλογή απορριμμάτων. Επιπλέον ακόμη και αν υπήρχαν όμως δε θα ήταν εύκολο να ερμηνευτούν καθώς το τελικό αποτέλεσμα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες με την πάροδο του χρόνου.

Πίνακας 1- Σύγκριση αποτελεσμάτων συστήματος ΠΟΠ από την θεωρία στην πράξη

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Πηγή
Πιθανά Θεωρητικά Αποτελέσματα Εφαρμογής ΠΟΠ	Σημαντική μείωση παραγωγής απορριμμάτων	Παράνομη διάθεση απορριμμάτων	(Καραγιαννίδης et al., 2002)
	Μείωση δαπανών τελικής διάθεσης	Εξάρτηση από την απήχηση του προγράμματος	
	Εφαρμογή ιεραρχίας πρακτικών διαχείρισης	Κόστος για καμπάνιες για την ενημέρωση και εκπαίδευση των πολιτών	
	Ευνοϊκότερο σύστημα χρέωσης υπηρεσιών	Δυσκολία εφαρμογής σε μπλοκ κατοικιών	
	Αύξηση ενδιαφέροντος και συμμετοχής πολιτών	Πολιτικές επιφυλάξεις	
	Μείωση αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Δύσκολη εφαρμογή σε πολίτες χαμηλών εισοδημάτων	
	Μείωση κόστους λειτουργίας και διαχείρισης		
	Αύξηση εσόδων υπηρεσιών		
Πραγματικά Αποτελέσματα Εφαρμογής	Τα συστήματα πληρωμής κατά την απόρριψη είναι γενικά αποδεκτά από τους ιδιοκτήτες νοικοκυριών.	Αυξημένο κόστος (τόσο επενδυτικό όσο και λειτουργικό).	(Dahlén and Lagerkvist, 2010)
	Δίκαιη κατανομή του κόστους στους χρήστες.	Ενθάρρυνση του τουρισμού αποβλήτων (δηλαδή, η μεταφορά αποβλήτων σε γειτονικές κοινότητες).	
	Μείωση των αποβλήτων σε κάδους και σακούλες (αναφέρεται μείωση 15–90%).	Ενθάρρυνση της παράνομης απόρριψης αποβλήτων.	
	Διασφάλιση διαφάνειας του κόστους διαχείρισης αποβλήτων	Αυξημένες ποσότητες ρύπων στα ανακυκλώσιμα υλικά.	
	Αύξηση της διαλογής των ανακυκλώσιμων υλικών.		
	Ενθάρρυνση της οικιακής κομποστοποίησης.		

2.5 Διεθνείς και Ευρωπαϊκές πρακτικές του ΠΟΠ

Σύμφωνα με τους (Elia et al., 2015) τα συστήματα ΠΟΠ εφαρμόζονται παγκοσμίως εδώ και αρκετά χρόνια και αποτελούν ένα από τα οικονομικά εργαλεία διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων. Ιδιαίτερα στις Ηνωμένες Πολιτείες όπου έχει εφαρμοσθεί σε χιλιάδες τοπικές διοικητικές μονάδες έχει αξιολογηθεί μείωση του κόστους διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων. Στην Ευρώπη από την άλλη έχει πραγματοποιηθεί ενίσχυση και προώθηση των συστημάτων ΠΟΠ μέσω της Οδηγίας – Πλαίσιο για τα απόβλητα και των πολιτικών ως προς την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας, με αρκετά μέλη να έχουν εφαρμόσει αντίστοιχα μοντέλα διαχείρισης.

Στον παρακάτω πίνακα 2. παρουσιάζεται μία σύνοψη των χωρών που εφάρμοσαν το μοντέλο ΠΟΠ , με τι είδους τρόπο το εφάρμοσαν και τι αποτελέσματα προέκυψαν.

Πίνακας 2-Εφαρμογή μοντέλου ΠΟΠ στην Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο

Χώρα	Μοντέλο ΠΟΠ	Βασικά χαρακτηριστικά	Κύρια αποτελέσματα	Βιβλιογραφική αναφορά
ΗΠΑ	Volume-based	Χρέωση ανά κάδο ή ειδική σακούλα απορριμμάτων	Μείωση παραγόμενων αποβλήτων και κόστους διαχείρισης	(Elia et al., 2015)
Σουηδία	Weight-based	Χρέωση βάσει βάρους απορριμμάτων	Αύξηση ανακύκλωσης και περιορισμός σύμμεικτων αποβλήτων	(Dahlén and Lagerkvist, 2010)
Βέλγιο	Bag-based	Χρήση προπληρωμένων ειδικών σακουλών	Βελτίωση διαλογής στην πηγή	(European Commission, 2012)
Ιταλία	RFID-based system	Ψηφιακή παρακολούθηση και καταγραφή αποβλήτων	Μείωση υπολειμματικών αποβλήτων	(Zero Waste Europe, 2023)
Νότια Κορέα	Volume-based	Τέλος χρέωσης ανά όγκο παραγόμενων αποβλήτων	Υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης και μείωση απορριμμάτων	(OECD, 2024)

Είναι αντιληπτό μέσα από τις διεθνείς εφαρμογές ότι δεν υπάρχει ενιαίο μοντέλο εφαρμογής συστήματος ΠΟΠ. Κάθε χώρα προσαρμόζει το σύστημα αντιλαμβανόμενη τις κοινωνικές, οικονομικές και τεχνολογικές ανάγκες της. Το μόνο που παραμένει κοινό είναι ο στόχος όλων ο οποίος δεν είναι άλλος από τη μείωση των παραγόμενων αποβλήτων με ταυτόχρονη ενίσχυση της ανακύκλωσης και την επαναχρησιμοποίησης.

2.6 Ελληνική πραγματικότητα και εφαρμογή συστημάτων ΠΟΠ

2.6.1 Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης αποβλήτων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020) η περίοδος 2015-2020 στην Ευρωπαϊκή Ένωση σηματοδοτήθηκε ως η μεταβατική περίοδος από το υφιστάμενο μοντέλο σε μία κυκλική οικονομία με στόχο τη μείωση των τελικών αποβλήτων και αντίστοιχα τη δυνατότητα μιας δεύτερης ευκαιρίας στη χρήση τους, όπου αντί να διατεθούν θα ανακυκλωθούν ή θα επαναχρησιμοποιηθούν. Η μετάβαση αυτή μπορεί να επιτελέσει σταθμός στη διαχείριση των αποβλήτων μετατρέποντας τη διαχείρισή τους βιώσιμη ενώ παράλληλα διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος, η δημόσια υγεία, η επάρκεια των φυσικών πόρων.

Αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα σύμφωνα με (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020) το υφιστάμενο πλαίσιο αξιολογείται ως μη επαρκές με τα βασικότερα προβλήματα να αποτυπώνονται και στην Έκθεση Έγκαιρης Προειδοποίησης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (SWD(2018) 418 final / 24.09.2018) . Η σύγκριση της χώρας με τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτυπώνει στον παρακάτω πίνακα 2 την υστέρησή της στη διαχείριση των ΑΣΑ.

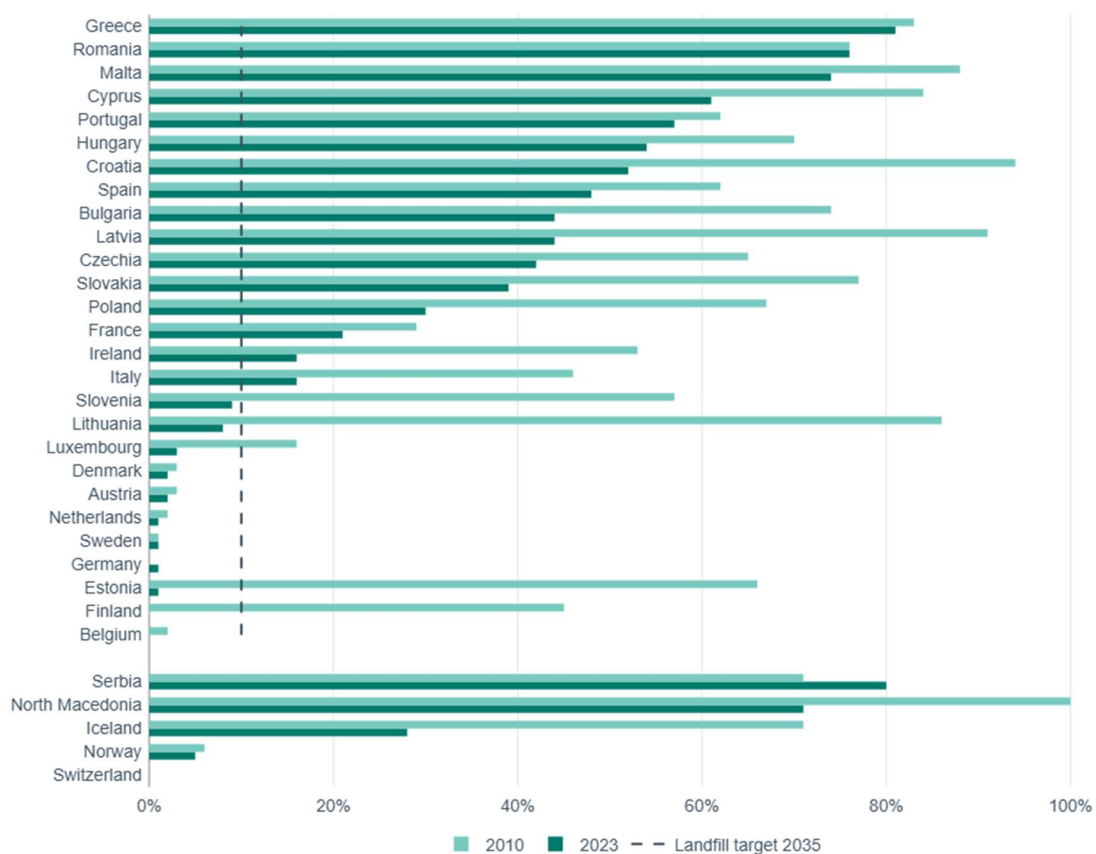
Πίνακας 3-Σύγκριση Ελλάδας και ΕΕ-28 στη διαχείριση των ΑΣΑ (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020)

2018	Παραγωγή		Κομποστοποίηση	Ανακύκλωση	Θερμική επεξεργασία – Ανάκτηση ενέργειας	Διάθεση σε ΧΥΤΑ/ ΧΥΤΥ	Λουτά
	kg/κάτοικο/έτος *	t/εκατ. € ΑΕΠ					
Ελλάδα	514	28,9	5,1%	15%	1,5%	78,4%	0%
ΕΕ- 28	489	17,2	17%	30,1%	28,1%	22,6%	2,2%

*Πηγή στοιχείων η EUROSTAT. Για την κατά κεφαλή παραγωγή βάσει EUROSTAT έχει ληφθεί υπόψη ο μόνιμος πληθυσμός και όχι ο ισοδύναμος.

Αυτό που αποτυπώνεται στον πίνακα 2. είναι ότι η Ελλάδα σε σχέση με την ΕΕ υστερεί σημαντικά στην διαχείριση των ΑΣΑ ενώ διατηρεί ακόμη υψηλά το ποσοστό της διάθεσής τους στα ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ.

Στην παρακάτω εικόνα 3. αποτυπώνεται διάγραμμα το οποίο δείχνει την εξέλιξη του ποσοστού υγειονομικής ταφής των ΑΣΑ στις ευρωπαϊκές χώρες, μέσα σε αυτές και η Ελλάδα, για το 2010 και το 2023 κατά φθίνουσα σειρά. Το γραμμικό διάγραμμα αντιπροσωπεύει τον στόχο της ΕΕ για την υγειονομική ταφή για το 2035.



Εικόνα 3 - Διάγραμμα εξέλιξης υγειονομικής ταφής από το 2010 έως το 2023 στις χώρες της ΕΕ (European Environment Agency, 2025a)

Στους πίνακες 4&5 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία της υφιστάμενης παραγωγής των ΑΣΑ και των επιμέρους ρευμάτων απορριμμάτων που εμπεριέχονται σε αυτά στην Ελλάδα σύμφωνα με το ΕΣΔΑ.

Πίνακας 4 - Συγκεντρωτικά στοιχεία αποτύπωσης υφιστάμενης κατάστασης για τα ΑΣΑ στην Ελλάδα (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020)

Υφιστάμενη Παραγωγή (2018)	5.523.809 τόνοι														
Κατά κεφαλήν παραγωγή (2018)	514 kg / κάτοικο / έτος (βάσει Eurostat)														
Ποιοτική σύσταση (βάσει ΕΣΔΑ 2015)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Υλικό</th> <th>Ποσοστό (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Γυαλί</td><td>4,300%</td></tr> <tr><td>Πλαστικό</td><td>3,900%</td></tr> <tr><td>Χαρτί/Χαρτόνι</td><td>22,200%</td></tr> <tr><td>Οργανικά</td><td>44,300%</td></tr> <tr><td>Μέταλλο</td><td>3,900%</td></tr> <tr><td>Λοιπά</td><td>2,200%</td></tr> </tbody> </table>	Υλικό	Ποσοστό (%)	Γυαλί	4,300%	Πλαστικό	3,900%	Χαρτί/Χαρτόνι	22,200%	Οργανικά	44,300%	Μέταλλο	3,900%	Λοιπά	2,200%
Υλικό	Ποσοστό (%)														
Γυαλί	4,300%														
Πλαστικό	3,900%														
Χαρτί/Χαρτόνι	22,200%														
Οργανικά	44,300%														
Μέταλλο	3,900%														
Λοιπά	2,200%														

Υφιστάμενη Διαχείριση (2018)	▪ Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση για χαρτί, μέταλλο, πλαστικό, γυαλί στο 31% των παραγόμενων ανακυκλώσιμων ▪ Συνολική ανακύκλωση : 20,1 % των ΑΣΑ ▪ Συνολική ανάκτηση με προδιαλογή και μέσω ΜΕΑ : 21,6% των ΑΣΑ ▪ Διάθεση σε ΧΥΤΑ : 78,4 % των ΑΣΑ
ΔσΠ	▪ 16,5% των ΑΣΑ ▪ 30,8% των ανακυκλώσιμων υλικών ▪ 5,7% των βιοαποβλήτων

Πίνακας 5-Συγκεντρωτικά στοιχεία αποτύπωσης υφιστάμενης κατάστασης για τα επιμέρους ρεύματα αποβλήτων που περιέχονται στα ΑΣΑ στην Ελλάδα (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020)

Κατηγορία ρεύματος αποβλήτων που εμπεριέχονται στα ΑΣΑ	Δείκτες παραγωγής & διαχείρισης ΑΣΑ	Στοιχεία / Δεδομένα
Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα	Υφιστάμενη παραγωγή (2018)	3.673.333 τόνοι
	Εκτροπή ΒΑΑ από ταφή	901.560 τόνοι
	ΒΑΑ σε ΧΥΤΑ	2.771.773 τόνοι
Βιοαπόβλητα	Υφιστάμενη παραγωγή (2018)	2.447.047 τόνοι
	Χωριστή συλλογή	139.244 τόνοι
	Ανακύκλωση	281.688 τόνοι
	Ανάκτηση	329.768 τόνοι
Ανακυκλώσιμα Υλικά	Υφιστάμενη παραγωγή (2018)	2.447.047 τόνοι
	Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση & ανακύκλωση (2018)	759.620 τόνοι
Απόβλητα Συσκευασίας	Υφιστάμενη παραγωγή (2018)	810.900 τόνοι
	Σύνολο Ανακύκλωσης (2018)	522.040 τόνοι
	Σύνολο Ανάκτησης σε επιμέρους υλικά συσκευασίας (2018)	522.040 τόνοι
Πλαστικά Μίας Χρήσης	Υφιστάμενη διαχείριση	Μερική απαγόρευση διάθεσης- Χωρίς στοιχεία
Απόβλητα φορητών Ηλεκτρικών Στηλών & Συσσωρευτών	Υφιστάμενη παραγωγή Συλλογή	1.646 τόνοι 553 τόνοι
Κλωστοϋφαντουργικά	Υφιστάμενη διαχείριση	Περιορισμένη ανακύκλωση Χωρίς στοιχεία, η συλλογή τους δεν πραγματοποιείται με οργανωμένο τρόπο
Ογκώδη Απόβλητα	Υφιστάμενη διαχείριση	Υφιστάμενη παραγωγή 5.524 τόνοι
Μικρές Ποσότητες Επικινδύνων Αποβλήτων στα ΑΣΑ	Υφιστάμενη διαχείριση	Πραγματοποιείται οργανωμένη διαχείριση μέσω ΣΕΔ για ορισμένα ρεύματα αποβλήτων, όπως οι λαμπτήρες, μπαταρίες ενώ μέσω ΙΦΕΤ για τα απορριπτόμενα φάρμακα. Ιδιωτικές πρωτοβουλίες για τα τόνερ.

Από τα στοιχεία που αποτυπώνονται στους πίνακες 3 & 4 μέσα από το ΕΣΔΑ προκύπτει ότι το υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα είναι ανεπαρκές γιατί η Ελλάδα εξακολουθεί να βασίζεται και να εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από τη διάθεση των αποβλήτων προς την υγειονομική ταφή. Επιπλέον παρά τις προσπάθειες βελτίωσης των τελευταίων ετών υστερεί και έχει αποκλίσεις τόσο σε ευρωπαϊκούς στόχους όσο και στους στόχους του προηγούμενου ΕΣΔΑ. Τα χαμηλά ποσοστά στη χωριστή συλλογή, στην ανακύκλωση, τη διαλογή στην πηγή των βιοαποβλήτων είναι λόγοι που έχουν οδηγήσει στην προαναφερόμενη κατάσταση. Παράλληλα η έλλειψη σύγχρονων υποδομών διαχείρισης, οι καθυστερήσεις στην αποκατάσταση των ΧΑΔΑ, η περιορισμένη ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων επεξεργασίας, η έλλειψη της συμμετοχής και της ενημέρωσης των πολιτών ενισχύουν τη δυσμενή κατάσταση αυτή. Για τη μετάβαση λοιπόν προς ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας με στόχο και τη συμμόρφωση με τη νομοθεσία και τους στόχους της ΕΕ το ΕΣΔΑ θα επιδιώξει μέχρι το 2030 η διαχείριση των ΑΣΑ να πραγματοποιείται σύμφωνα με τα παρακάτω :

- ✓ Χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών και βιοαποβλήτων
- ✓ Αύξηση προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση από 55-65%κ.β.
- ✓ Ελαχιστοποίηση ποσοστών ταφής κάτω του 10%
- ✓ Επεξεργασία υπολειπόμενων σύμμεικτων σε σύγχρονες ΜΕΑ
- ✓ Ενεργειακή αξιοποίηση υπολειμμάτων

Οι αλλαγές που επιδιώκει το νέο ΕΣΔΑ να καταφέρει είναι συνοπτικά οι παρακάτω (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020)

- (α) Εφαρμογή πυραμίδας ιεράρχησης και σταδιακή μετάβαση σε μία κυκλική και αειφόρο οικονομία
- (β) Ενίσχυση δράσεων ευαισθητοποίησης και κινητοποίησης πολιτών και επιχειρήσεων
- (γ) Ενίσχυση ανακύκλωσης, διαλογής στην πηγή, επέκταση χωριστής συλλογής και σε νέα ρεύματα
- (δ) Διαμόρφωση θεσμικού πλαισίου για τις επιπτώσεις των πλαστικών στο περιβάλλον
- (ε) Διασφάλιση και προώθηση συμπράξεων Δημοσίου και Ιδιωτικού τομέα στα στάδια διαχείρισης για την επίτευξη βέλτιστου αποτελέσματος

- (στ) Θέσπιση οικονομικών εργαλείων κατάλληλων για την εκτροπή της ταφής και αντίστοιχα την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης ή της ανακύκλωσης όπως το πρόγραμμα Πληρώνω όσο Πετάω
- (ζ) Ενεργειακή αξιοποίηση υπολειμμάτων
- (η) Βελτίωση καταγραφής και παρακολούθησης ποιότητας δεδομένων

2.6.2 Ανάγκη Εφαρμογής του ΠΟΠ στην Ελλάδα

Μία πιθανή λύση για την αποτελεσματική διαχείριση των αστικών αποβλήτων είναι η εφαρμογή του συστήματος «Πληρώνω όσο Πετάω». Αυτό το σύστημα είναι ουσιαστικά ένα οικονομικό εργαλείο το οποίο εφαρμόζει τη γενική αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» χρησιμοποιώντας τις γενικές αρχές των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων με στόχο την αποφυγή της υγειονομικής ταφής. Τα συστήματα ΠΟΠ έχουν εφαρμοσθεί μόνο σε πιλοτική κλίμακα στην Ελλάδα. Όμως εξαιτίας των μη συμμορφώσεων τόσο στο ΕΣΔΑ όσο και στους κανονισμούς της ΕΕ τον Ιούλιο του 2021 το Ελληνικό Κοινοβούλιο ψήφισε υπέρ ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των αστικών αποβλήτων όπου συγκεκριμένα μέσα από το άρθρο 37 του νόμου 4819/2021 ορίστηκε ότι τα συστήματα ΠΟΠ θα αποτελέσουν το βασικό μοντέλο τιμολόγησης για τα αστικά απόβλητα. Μάλιστα από την 1^η Ιανουαρίου του 2023 δήμοι θα εφαρμόζουν συστήματα ΠΟΠ ανάλογα το μέγεθος του πληθυσμού τους (Emmanouil et al., 2022):

- Έως 10.000 κάτοικοι εφαρμογή μόνο από τα ξενοδοχεία
- Από 20.000 – 100.000 κάτοικοι εφαρμογή μόνο στα βιοαποδομήσιμα απόβλητα από επιχειρήσεις τροφίμων
- Άνω των 100.000 κατοίκων εφαρμογή σε όλο το δήμο

Βέβαια το σύστημα αυτό λόγω της άμεσης εμπλοκής του με τις τοπικές αρχές και τους πολίτες γίνεται περίπλοκο κατά την εφαρμογή του, ειδικά εάν ο πολίτης αναγκάζεται να αλλάξει τις καθημερινές του συνήθειες ενώ η εκπαίδευσή του ως προς την αναγκαιότητα την επίτευξης μιας βιώσιμης ανάπτυξης δεν είναι επαρκής.

Στην έρευνα των (Emmanouil et al., 2022) που πραγματοποιήθηκε σε ελληνικό πληθυσμό σχετικά με το ΠΟΠ σύστημα ενώ ανταποκρίθηκαν θετικά κατά σχεδόν 80% στο ότι πρέπει να αντικατασταθεί η υφιστάμενη συλλογή απορριμμάτων με ένα σύστημα ΠΟΠ είναι λιγότερο σίγουροι κατά 30-35% στο κατά πόσο πιστεύουν ότι

συμπολίτες και τοπικές αρχές θα μπορέσουν να ανταποκριθούν. Δείγμα της μη ετοιμότητας των πολιτών αποτυπώνεται στην ίδια έρευνα όταν ενώ πολλοί συμφώνησαν ότι μία μη συμμόρφωση θα πρέπει να καταγγέλλεται αντιθέτως δεν ήταν πρόθυμοι να καταγγείλουν.

Ωστόσο η Ελλάδα πρέπει να επιταχύνει την πρόοδό της για να επιτύχει τους στόχους που έχουν τεθεί. Η εφαρμογή οικονομικών εργαλείων όπως το σύστημα ΠΟΠ , σε συνάρτηση με την αύξηση του φόρου υγειονομικής ταφής ως μοχλός πίεσης για την κινητοποίηση για χωριστή συλλογή και ελαχιστοποίηση των αποβλήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ είναι αναμενόμενη και προβλεπόμενη.(European Environment Agency, 2025)

2.6.3 Πιλοτικές Εφαρμογές του ΠΟΠ στην Ελλάδα

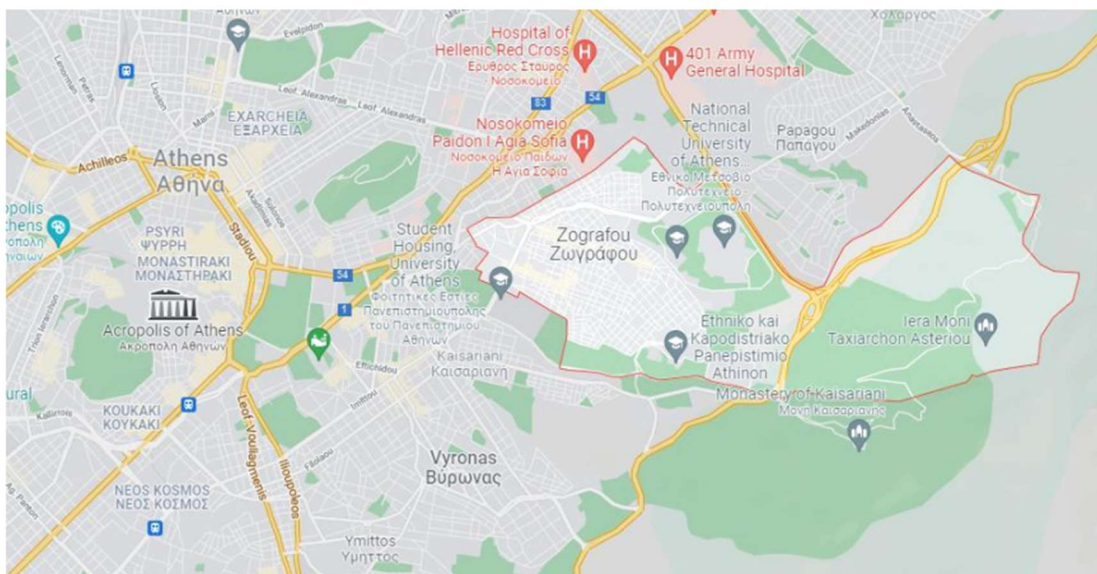
Στην Ελλάδα η μόνη τεκμηριωμένη πιλοτική εφαρμογή του συστήματος «Πληρώνω Όσο Πετάω» απαντάται στο Δήμο Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης μέσα από τις κύριες δράσεις του προγράμματος LIFE-IP CEI-Greece το οποίο υλοποιείται με συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση , το Πράσινο Ταμείο και ιδίους πόρους εταίρων και συντονίζεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας .(Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2025)

Ο Δήμος Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης μία αστική περιοχή με 60% των απορριμμάτων να προέρχονται από τα νοικοκυριά και 40% από εμπορική δραστηριότητα έχει προχωρήσει στη χωριστή συλλογή πόρτα-πόρτα διάφορων ρευμάτων όπως οργανικά απόβλητα, πλαστικά, μέταλλα, μεικτές συσκευασίες , φιάλες PET, χαρτί, πράσινα απόβλητα κήπου. Επιπλέον διαθέτει χωριστή συλλογή με καμπάνες για χωριστή συλλογή γυαλιού ενώ για την εφαρμογή του συστήματος ΠΟΠ έχει ένα πρόγραμμα το οποίο ονομάζεται «Benefit as You Save» . Το πρόγραμμα αυτό θα περιλαμβάνει τεχνολογίες παρακολούθησης και καταγραφής αποβλήτων, όπως συστήματα RFID και ζύγισης, ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ενημέρωση και ενεργή συμμετοχή των πολιτών.(LIFE-IP CEI Greece, 2022)

3. Μελέτη Περίπτωσης εφαρμογής του ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου

3.1 Περιγραφή περιοχής μελέτης

Ο Δήμος Ζωγράφου εντάσσεται στην Περιφερειακή Ενότητα του Κεντρικού Τομέα Αθηνών της Περιφέρειας Αττικής. Η συνολική του έκταση εκτιμάται στα 8.517 στρέμματα όπου το 40% αφορά δασική περιοχή ως τμήμα του όρους του Υμηττού. Ο πληθυσμός του σύμφωνα με τη απογραφή της ΕΛ.ΣΤΑΤ το 2021 ανέρχεται σε 69.874 κατοίκους, τα όριά του περικλείουν τις περιοχές Γουδί, Ιλίσια, Νέο και Παλαιό Ζωγράφου και αποτελεί έναν από τους κεντρικούς Δήμους της Αθήνας.



Εικόνα 4 - Διοικητικά Όρια Δήμου Ζωγράφου

Ο Δήμος Ζωγράφου όπως προκύπτει και από την πυκνότητα κατοίκησης 8.124,88 άτομα / km² είναι μία πολύ πυκνοκατοικημένη περιοχή με υψηλό ποσοστό νοικοκυριών όσο και λοιπών σημείων ειδικού ενδιαφέροντος όπως νοσοκομεία, χώροι εστίασης, κοιμητήριο, λαϊκές αγορές , κλπ. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι εντός των ορίων του Δήμου λειτουργούν και τμήματα Ανώτερης Εκπαιδευτικής Βαθμίδας όπως το Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο τα οποία διαθέτουν και τις αντίστοιχες δικές τους φοιτητικές εστίες των οποίων οι ποσότητες είναι και σημαντικές και μεταβλητές.

Πίνακας 6 - Στοιχεία Περιοχής Μελέτης

Δείκτης	Τιμή	Πηγή
Πληθυσμός	69.874 κάτοικοι	ΕΛΣΤΑΤ 2021
Έκταση	8,6 km ²	Δήμος Ζωγράφου
Πυκνότητα κατοίκησης	8.124,88 άτομα / km ²	
Χαρακτήρας περιοχής	Αστικός / Πανεπιστημιακός	Δήμος Ζωγράφου
Νοικοκυριά	35.331	ΕΛΣΤΑΤ 2021
Μέσο μέγεθος νοικοκυριού	1,95 μέλη / νοικοκυριό	ΕΛΣΤΑΤ 2021
Σημεία ειδικού ενδιαφέροντος *		
Λαϊκές αγορές εβδομαδιαίες	3	(ΤΣΔΑ, 2021)
Κοινόχρηστοι Χώροι Πρασίνου (Δημ. Κοιμητήριο / Πλατείες / Γήπεδα / Παιδ. Χαρές)	31	(ΤΣΔΑ, 2021)
Ξενοδοχεία -Χώροι Εστίασης- Λιανική Τροφίμων	451	
Υγειονομικές Μονάδες	4	(ΤΣΔΑ, 2021)
Λοιποί οργανισμοί	1	
Μουσεία	2	(ΤΣΔΑ, 2021)
Δημόσιες Υπηρεσίες / Τράπεζες	18	
Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα -Σχολεία-Παιδ. Σταθμοί	38	(ΤΣΔΑ, 2021)
Κοινωνικές Δομές	12	
Υφιστάμενο σύστημα συλλογής	Συμβατικό	(ΤΣΔΑ, 2021)

3.2 Υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων

Σύμφωνα με το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Δήμου Ζωγράφου (ΕΔΣΝΑ, 2021) η διαχείριση των απορριμμάτων πραγματοποιείται με καθημερινή αποκομιδή και μεταφορά των σύμμεικτων, με χωριστή αποκομιδή και μεταφορά των ανακυκλώσιμων με οχήματα του Δήμου. Επίσης η συλλογή των μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων πραγματοποιείται με ίδια μέσα και περιορίζεται εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Ζωγράφου. Η μεταφορά τους πραγματοποιείται από το Δήμο προς τον ΣΜΑ του Δήμου, τον ΟΕΔΑ Άνω Λιοσίων και ΚΔΑΥ.

Ο Δήμος Ζωγράφου συγκεντρώνει τα παρακάτω ρεύματα απορριμμάτων:

- ✓ Κοινά σύμμεικτα απορρίμματα
- ✓ Ανακύκλωση
- ✓ Βιοαποβλήτων
- ✓ Συλλογή Πράσινων αποβλήτων
- ✓ Ογκωδών Αντικειμένων
- ✓ ΑΕΕΚ (Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων)

Σύμφωνα με το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου, το σύστημα αποκομιδής βασίζεται σε καθημερινά δρομολόγια απορριμματοφόρων και αντίστοιχες βάρδιες συλλογής αστικών αποβλήτων. Παρ' όλα αυτά πρόσφατες δημοτικές ανακοινώσεις δείχνουν ότι το σύστημα βρίσκεται σε διαδικασία αναδιοργάνωσης και προσαρμογής των δρομολογίων και των βαρδιών συλλογής.

Ο Δήμος Ζωγράφου για τη συλλογή των αστικών απορριμμάτων διαθέτει για τα σύμμεικτα δίκτυο πράσινων κάδων και υπόγειους κάδους χωρητικότητας 3.000lt, δίκτυο μπλε κάδων για τις ανάμεικτες συσκευασίες της ΕΕΑΑ Α.Ε. ,καφέ κάδους για τη συλλογή των βιοαποβλήτων (κυρίως από λαϊκές αγορές) και κώδωνες για συλλογή γυαλιού. Σαν υποδομή ο Δήμος Ζωγράφου διαθέτει Σταθμό Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) προσωρινά αδειοδοτημένο όπου κάθε ρεύμα συλλέγεται χωριστά και μεταφορτώνεται σε απορριμματοκιβώτια ώστε να κατευθυνθούν έπειτα στις αντίστοιχες εγκαταστάσεις. Στόχος του Δήμου είναι η συνεχή λειτουργία του ΣΜΑ καθώς κρίνεται απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση του κόστους συλλογής και μεταφοράς των ΑΣΑ.

Στους παρακάτω πίνακες 7,8 και 9 θα παρουσιαστεί η δυναμική του παρόντος συστήματος διαχείρισης των ΑΣΑ του Δήμου Ζωγράφου.

Πίνακας 7- Κάδοι απορριμμάτων Δ. Ζωγράφου

Είδος κάδου	Χωρητικότητα (lt)	Αριθμός κάδων
Μεταλλικός ή/και πλαστικός για Σύμμεικτα απορρίμματα	1100	1600
Μπλε κάδος	1100	769
Υπόγειοι κάδοι	3000	12
Καφέ κάδος	770	50

Πίνακας 8 - Ανθρώπινο Δυναμικό Δ.Ζωγράφου

Ειδικότητα	Κατηγορία	Αριθμός Προσωπικού
Οδηγοί	Αποκομιδή	25
Εργαζόμενοι Καθαριότητας	Αποκομιδή	113
Χειριστές Μηχανημάτων Έργου	Αποκομιδή	5
Επόπτες Καθαριότητας	Αποκομιδή	5
Οδηγοί	Υπηρεσία Πρασίνου	1
Εργάτες	Υπηρεσία Πρασίνου	10
Οδηγοί	Προσωπικό ΣΜΑ	1
Εργάτες	Προσωπικό ΣΜΑ	10
Επόπτες Καθαριότητας	Προσωπικό ΣΜΑ	5

Πίνακας 9 - Εξοπλισμός Δ. Ζωγράφου

Τύπος Οχήματος	Είδος Αποβλήτων	Αριθμός
Αποκομιδή		
Απορριμματοφόρο	Σύμμεικτα	10
Απορριμματοφόρο	Ανακύκλωση (Μπλε Κάδοι)	4
Πλυντήριο Κάδων		2
Φορητό με αρπάγη	Πράσινα	1
Φορητό pick up		2
Φορητό ανατρεπόμενο		4
Σάρωθρο		
Φορτωτής	Πράσινα / Ογκώδη	2
Φορτωεσκαφέας	Πράσινα / Ογκώδη	2
Βυτίο		1
Σ.Μ.Α		
Τετραζονικό		5
Τετραζονικό Νταλικά		2
Λοιπά		
Επιβατικό		1
Δίκυκλο		4

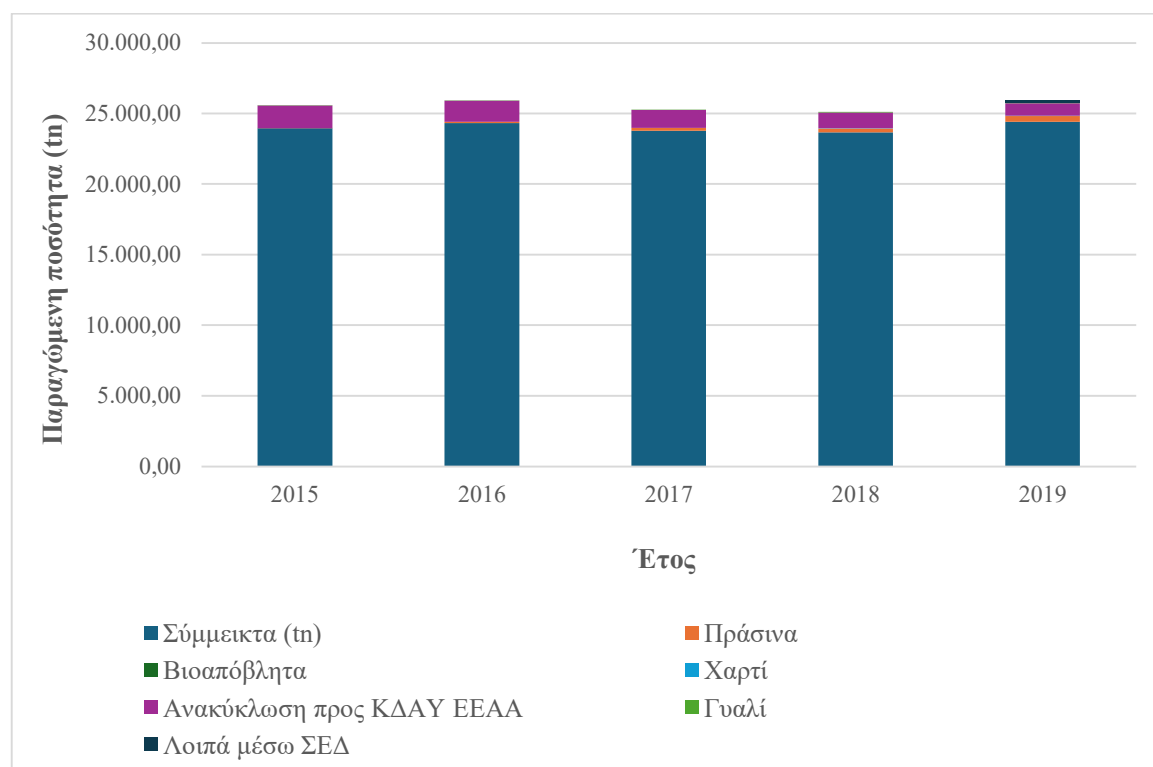
3.3 Ποσοτικά στοιχεία παραγωγής αποβλήτων

Σύμφωνα με το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Δήμου Ζωγράφου (ΕΔΣΝΑ, 2021) προκύπτει ο παρακάτω ποσοτικός πίνακας της παραγωγής των ΑΣΑ από το 2015-2019.

Πίνακας 10-Ποσότητες συλλεγόμενων αποβλήτων ανά ρεύμα στον Δήμο Ζωγράφου (2015–2019)

Ρεύμα	Έτος				
	2015	2016	2017	2018	2019
Σύμμεικτα (tn)	23.950,62	24.299,93	23.767,71	23.659,33	24.395,91
Πράσινα	2,57	92,50	193,13	276,01	417,87
Βιοαπόβλητα	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Χαρτί	0,00	0,00	0,00	10,24	11,50
Ανακύκλωση προς ΚΔΑΥ ΕΕΑΑ	1.615,19	1.513,12	1.270,70	1.122,45	893,75
Γυαλί	21,37	23,90	26,41	35,46	21,80
Λοιπά μέσω ΣΕΔ	0,00	0,00	0,00	0,00	198,14
Παραγόμενα ΑΣΑ	25.589,75	25.929,45	25.257,95	25.103,49	25.938,97
Ποσοστό ανακύκλωσης	6,41%	6,28%	5,90%	5,75%	5,95%

Απεικονιστικά ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζεται και στο παρακάτω διάγραμμα.

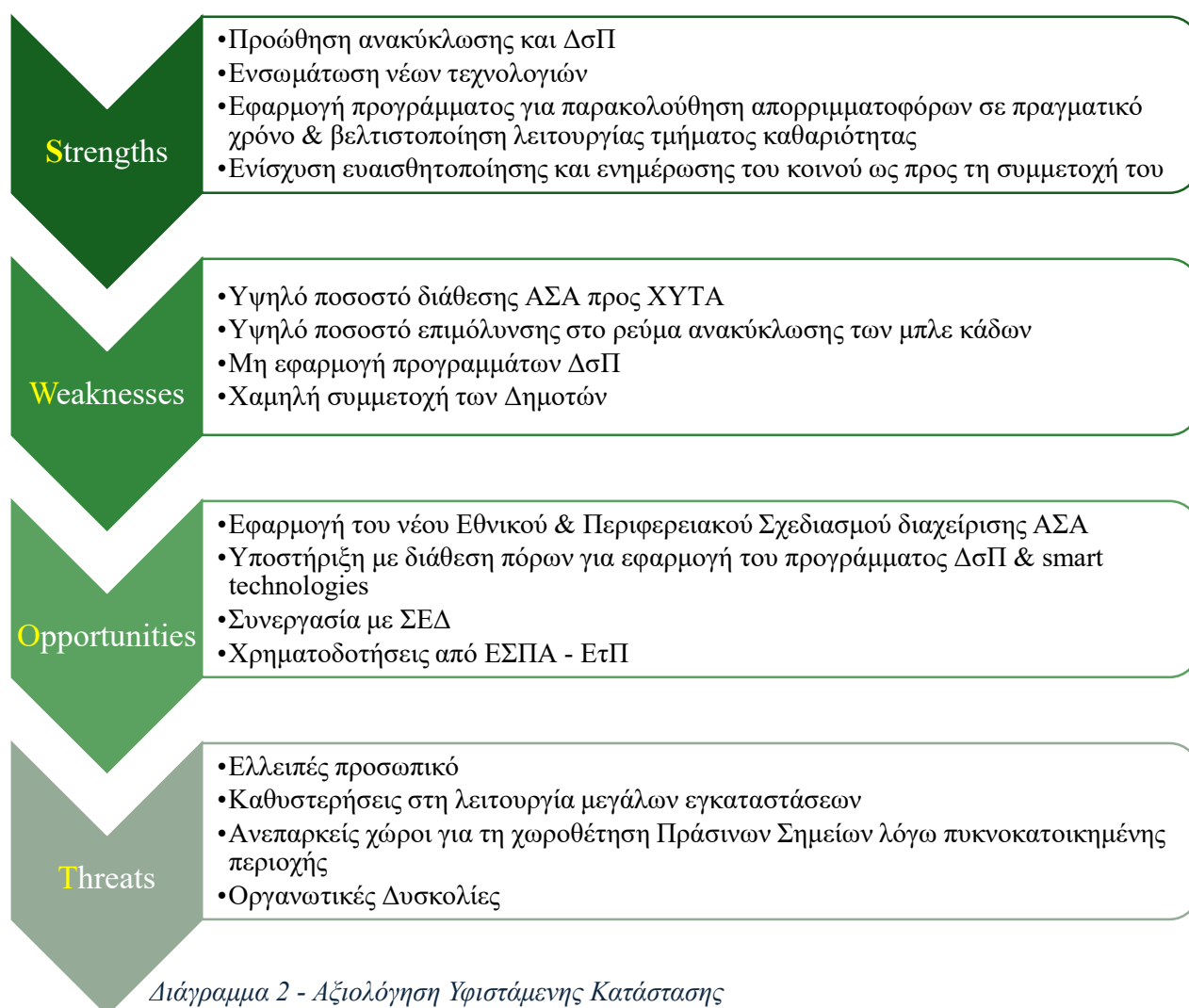


Διάγραμμα 1-Εξέλιξη ποσοτήτων αποβλήτων ανά ρεύμα στον Δήμο Ζωγράφου κατά την περίοδο 2015–2019

Αυτό που παρατηρείται είναι ότι για την πενταετία που αναλύεται τα σύμμεικτα απορρίμματα είναι το κυρίαρχο ρεύμα πράγμα που σημαίνει ότι η διαλογή στην πηγή είναι περιορισμένη. Από το 2017 και έπειτα ο Δήμος παρουσιάζει μία σταδιακή ανάπτυξη εναλλακτικών ρευμάτων διαχείρισης όπως τα πράσινα, τα βιοαπόβλητα και ποσότητες αποβλήτων που διαχειρίζονται μέσω ΣΕΔ. Βέβαια καθώς η ανάλυση περιορίζεται στην περίοδο 2015-2019 εξαιτίας μη δημοσιευμένων επικαιροποιημένων δεδομένων, τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μία ενδεικτική εικόνα της εξέλιξης των ΑΣΑ για το Δήμο Ζωγράφου σε σχέση με το σήμερα.

3.4 Προβλήματα και Ανάγκες Δήμου Ζωγράφου

Στο ΤΣΔΑ του Δήμου Ζωγράφου πραγματοποιήθηκε ανάλυση SWOT αναφορικά με το υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων. Στον παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ανάλυση αυτή επιγραμματικά. Μέσα από αυτή αντιλαμβανόμαστε τις σημαντικές αδυναμίες που σχετίζονται με τη διαλογή στην πηγή και την ανακύκλωση, αλλά και τις προοπτικές για την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών και συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης.



Καθώς το πρόβλημα της διαχείρισης των ΑΣΑ σε ένα πολυπληθή Δήμο, όπως ο Δήμος Ζωγράφου είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο και πολυδιάστατο απαιτείται για την αντιμετώπισή του ενιαία στρατηγική, ολοκληρωμένη μελέτη, ανάλυση και προσέγγιση. Η εφαρμογή οικονομικών εργαλείων όπως το ΠΟΠ είναι μέθοδος που μπορεί να δημιουργήσει κίνητρα στον πολίτη και στις επιχειρήσεις ώστε μέσω αυτών να συμμετέχουν περισσότερα και με μεγαλύτερη υπευθυνότητα σε προγράμματα ανακύκλωσης και εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΣΑ.

4. Αξιολόγηση εφαρμογής του ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου

4.1 Μεθοδολογία αξιολόγησης

Αρκετές εργασίες και επιστημονικές μελέτες περιγράφουν την εφαρμογή των συστημάτων ΠΟΠ με σκοπό να αποδείξουν αν είναι αποτελεσματικές ως προς το κόστος και τη μείωση των αποβλήτων. Άλλες εργασίες επικεντρώνονται στην εφαρμογή του ΠΟΠ προτείνοντας πλήρη λογιστική του κόστους έχοντας ως στόχο την ενίσχυση της διαφάνειας και αυξάνοντας τη δημόσια υποστήριξη. Άλλες επικεντρώνονται στην αντίληψη του κοινού για τη μετάβαση από τα συστήματα σταθερής χρέωσης σε ένα σύστημα ΠΟΠ ενώ άλλες στον οικονομικό αντίκτυπο της εφαρμογής του.

Στην εργασία αυτή θα πραγματοποιηθεί αξιολόγηση της δυνατότητας εφαρμογής ενός συστήματος ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου βασιζόμενη σε μία συγκριτική και ποιοτική ανάλυση εναλλακτικών μοντέλων που έχουν εφαρμοστεί ανά τον κόσμο. Για την ανάλυση αυτή θα αξιοποιηθούν δεδομένα από το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) του Δήμου Ζωγράφου, από το ΕΟΑΝ, την ΕΛΣΤΑΤ καθώς και σχετική διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία.

Για την αξιολόγηση των σεναρίων εφαρμογής ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου έχουν ληφθεί υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Δήμου , όπως η υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, η εκτεταμένη ανάπτυξη των πολυκατοικιών, ο πανεπιστημιακός χαρακτήρας της περιοχής, οι υφιστάμενες υποδομές διαχείρισης και συλλογής ΑΣΑ.

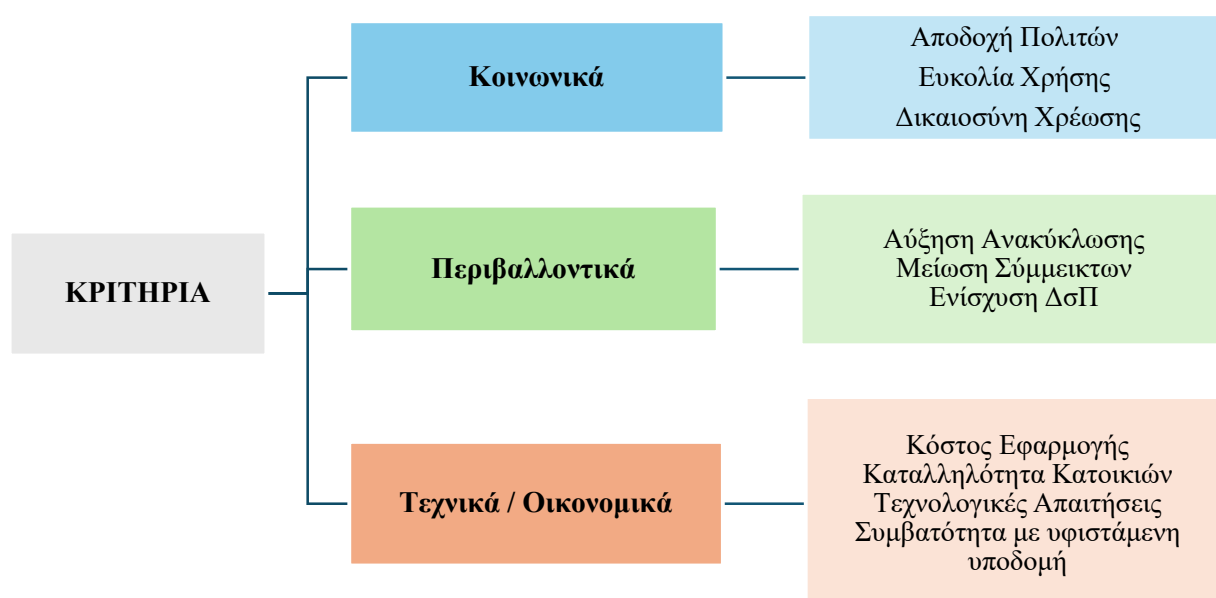
Στην παρούσα μελέτη επιλέγονται τα κυριότερα μοντέλα ΠΟΠ όπως τα συστήματα χρέωσης) ανά όγκο (volume based) , ανά βάρος (weight based) και αυτά που αξιοποιούν τεχνολογίες ταυτοποίησης και παρακολούθησης (RFID).

Η αξιολόγηση των σεναρίων θα πραγματοποιηθεί μέσω συγκριτικής ανάλυσης με συγκεκριμένα κριτήρια καταλληλότητας τα οποία επιλέγονται βάση βιβλιογραφίας και συνυπολογίζοντας τις ιδιαιτερότητες της περιοχής μελέτης. Μέσω της παρουσίασης σεναρίων και της αξιολόγησης καταλληλότητας εφαρμογής τους επιδιώκεται η ανάδειξη του βέλτιστου μοντέλου ή βέλτιστου συνδυασμού μοντέλων ΠΟΠ για το Δήμο Ζωγράφου λαμβάνοντας υπόψη τις υφιστάμενες συνθήκες και τις ανάγκες του Δήμου στον τομέα διαχείρισης των ΑΣΑ.

4.2 Κριτήρια Αξιολόγησης

Για την αξιολόγηση των σεναρίων που θα εξετασθούν για μία πιθανή εφαρμογή του συστήματος ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου επιλέχθηκε ένα πλαίσιο πολυκριτηριακής αξιολόγησης. Προκειμένου να προκύψει η καταλληλότερη μέθοδος θα πρέπει κάθε κριτήριο να αξιολογείται όχι μόνο μέσω της βαθμολογίας τους από άποψη πιθανότερης και ευκολότερης εφαρμογής αλλά και από την άποψη της βαρύτητας που μπορεί να προσδίδει είτε ως προς οικονομικό είτε ως προς περιβαλλοντικό όφελος. Θα πρέπει δηλαδή να προκύπτει από την αξιολόγησή μας ποιο σύστημα μπορεί ρεαλιστικά να εφαρμοστεί σε ένα πυκνοκατοικημένο δήμο όπως ο Δήμος Ζωγράφου.

Η κλίμακα αξιολόγησης θα αναφέρεται ποσοτικά με 1 – 2 – 3 με μέγιστο το 3 και τα κριτήρια είναι ομαδοποιημένα στις παρακάτω κατηγορίες όπως φαίνεται κάτωθι.



Διάγραμμα 3 - Κατηγοριοποίηση Κριτηρίων Αξιολόγησης ΠΟΠ

- **Κριτήριο 1 : Αύξηση Ποσοστού Ανακύκλωσης**

Βαρύτητα : 3

Αξιολογεί κάθε σενάριο ανάλογα το πόσο μπορεί να συμβάλει στην ενίσχυση του ποσοστού ανακύκλωσης και της διαλογής στην πηγή δεδομένου ότι η αύξηση αυτή αποτελεί κύριο στόχο των συστημάτων ΠΟΠ αλλά και της ιεραρχίας των αποβλήτων

- **Κριτήριο 2 : Μείωση Σύμμεκτων Αποβλήτων**

Βαρύτητα : 3

Αξιολογεί κάθε σενάριο ανάλογα το πόσο μπορεί να συμβάλει στη μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων που οδηγούνται προς ταφή.

- **Κριτήριο 3 : Καταλληλότητα Κτιριακών Μονάδων**

Βαρύτητα : 3

Λαμβάνει υπόψη την υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και τον τρόπο δόμησης ανάλογα αν αναφέρεται σε πολυκατοικίες , άρα πολλά νοικοκυριά, μονοκατοικίες ή κτίρια εστίασης και λοιπών κοινόχρηστων χώρων. Εμείς θα αναφερθούμε μόνο σε πολυκατοικίες όπου απαντάται η μεγαλύτερη πληθυσμιακή ομάδα.

- **Κριτήριο 4 : Κόστος Εφαρμογής**

Βαρύτητα : 2

Εξετάζει το ισοζύγιο του πιθανού κόστους ανάλογα με το μέγεθος των απαιτούμενων επενδύσεων σε εξοπλισμό, λογισμικό, εκπαίδευση προσωπικού και κατοίκων, υποδομές σε συνάρτηση με την αναμενόμενη απόσβεση του σεναρίου.

- **Κριτήριο 5 : Ευκολία Εφαρμογής**

Βαρύτητα : 1

Εξετάζει την δυνατότητα υλοποίησης του συστήματος αν πρέπει δηλαδή να αλλαχθεί όλος ο εξοπλισμός και η μέχρι τώρα νοοτροπία ή αν μπορεί να εκσυγχρονισθεί ο υπάρχων εξοπλισμός.

- **Κριτήριο 6 : Αποδοχή Πολιτών**

Βαρύτητα : 2

Εξετάζει την δυνατότητα υλοποίησης του συστήματος από πλευράς συμμετοχής και εκπαίδευσης των πολιτών

4.3 Ανάπτυξη Σεναρίων εφαρμογής ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου

4.2.1 Σενάριο A: Volume based εφαρμογή

Σε ένα volume based σενάριο όπου η εφαρμογή του συστήματος χρέωσης γίνεται βάσει όγκου οι κάτοικοι χρεώνονται ανάλογα με τον αριθμό και το μέγεθος των κάδων ή των σακουλών απορριμμάτων που χρησιμοποιούν. Η χρέωση πραγματοποιείται είτε με απευθείας χρέωση για τη συλλογή των απορριμμάτων είτε με προπληρωμένη χρέωση όπου ο κάτοικος υποχρεούται να αγοράσει τις ειδικές σακούλες απορριμμάτων. Στο Δήμο Ζωγράφου όπου υπάρχει υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και εκτεταμένη παρουσία πολυκατοικιών ίσως δεν είναι η ευνοϊκότερη λύση γιατί δεδομένου ότι οι κάτοικοι θα πληρώνουν βάση το μέγεθος του κάδου τους θα τείνουν να προσπαθούν να χωρέσουν όλο και περισσότερα απορρίμματα δυσχεραίνοντας το έργο της αποκομιδής. Τα συστήματα όμως που βασίζονται στον όγκο τείνουν συνήθως να είναι τα λιγότερο δαπανηρά τόσο στην εγκατάσταση, όσο και στη λειτουργία και διαχείριση.

4.2.2 Σενάριο B: Weight based εφαρμογή

Σε ένα weight based σενάριο η εφαρμογή του συστήματος χρέωσης πραγματοποιείται με κριτήριο το βάρος των αποβλήτων. Τα απόβλητα ζυγίζονται και οι κάτοικοι χρεώνονται για τη διαλογή και την απόρριψη με το κιλό. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί να ζητά από τους κατοίκους να χρησιμοποιούν τυποποιημένους κάδους ή τους υφιστάμενους. Το σύστημα που βασίζεται στο βάρος των απορριφθέντων απορριμμάτων προσφέρει ένα άμεσο κίνητρο για τη μείωση των αποβλήτων καθώς κάθε κιλό που οι κάτοικοι κερδίζουν είτε αποτρέποντας την απόρριψη είτε ανακυκλώνοντας είτε κομποστοποιώντας έχει ως αποτέλεσμα την άμεση εξοικονόμηση. Είναι ένα σύστημα εύκολα εφαρμόσιμο και οι πολίτες το αναγνωρίζουν ως δικαιότερο. Συστήματα που βασίζονται στη ζύγιση είναι ακριβότερα στην εφαρμογή τους σε σχέση με το κατά προσέγγιση σύστημα του όγκου γιατί εδώ απαιτείται ειδικός εξοπλισμός όπως οι ζυγαριές είτε στους κάδους είτε στα απορριμματοφόρα για την καταγραφή των πληροφοριών και την αντίστοιχη καταγραφή τους στο σύστημα. Η υπηρεσία αυτή είναι επίσης ένα επιπλέον κόστος για τον κάτοικο.

4.2.3 Σενάριο Γ: RFID/Hybrid εφαρμογή

Το σενάριο αυτό περιγράφει ένα μοντέλο ΠΟΠ το οποίο θα είναι βασισμένο σε RFID, σχεδιασμένο για την αυτοματοποίηση και βελτίωση ως προς τη διαφάνεια της συλλογής των δημοτικών αποβλήτων. Ο ορισμός του μοντέλου τιμολόγησης σε ένα σύστημα όπως αυτό θα εξαρτάται από την αναγνώριση του χρήστη της υπηρεσίας αλλά και από τη μέτρηση της ποσότητας που παράγεται, συλλέγεται και απορρίπτεται από αυτόν. Καθώς το μοντέλο αυτό απαιτεί ενημερώσεις, δραστηριότητες παρακολούθησης, διαδικασίες αναγνώρισης χρήστη και μέτρησης των ρευμάτων αποβλήτων καθώς και επαλήθευση της αποτελεσματικότητας και της χρέωσης προτείνεται να ενισχύεται από τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT). Αυτές επιτρέπουν τη συλλογή και μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως η πληρότητα των κάδων με αισθητήρες, το βάρος των αποβλήτων με ζυγιστικά συστήματα είτε στους κάδους είτε στα απορριμματοφόρα, σε παρακολούθηση των διαδρομών συλλογής των απορριμματοφόρων μέσω GPS αλλά και στην ταυτοποίηση των χρηστών η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με έξυπνες κάρτες τύπου RFID και με τεχνολογίες κινητών μέσω εφαρμογής.

4.4 Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων

Στην ενότητα αυτή θα πραγματοποιήσουμε μέσω πολυκριτηριακού πίνακα την συγκριτική αξιολόγηση των προτεινόμενων σεναρίων εφαρμογής για το σύστημα Πληρώνω Όσο Πετάω στο Δήμο Ζωγράφου. Αυτό θα γίνει με τον πολλαπλασιασμό του βαθμού καταλληλότητας / πιθανότητας εφαρμογής επί τον συντελεστή βαρύτητας για κάθε κριτήριο, και το άθροισμα αυτών θα δίνει τη συνολική βαθμολογία. Με την αξιολόγηση αποσκοπούμε στην ανάδειξη του καταλληλότερου συστήματος ΠΟΠ λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες και τις συνθήκες του Δήμου Ζωγράφου.

Πίνακας 11 - Βαθμονόμηση Κριτηρίων Πίνακα Αξιολόγησης

Βαρύτητα	Καταλληλότητα / Πιθανότητα Εφαρμογής
1 = χαμηλή σημασία	1 = χαμηλή πιθανότητα
2 = μέτρια σημασία	2 = μέτρια πιθανότητα
3 = υψηλή σημασία	3 = υψηλή πιθανότητα

Η βαθμολογία καταλληλότητας / πιθανότητας εφαρμογής αποδόθηκε βάσει ποιοτικής αξιολόγησης λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή βιβλιογραφία για τα συστήματα ΠΟΠ όπως είναι εφαρμοσμένα ανά τον κόσμο, το ΤΣΔΑ του Δήμου Ζωγράφου και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Δήμου Ζωγράφου που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3.

Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικά ο πολυκριτηριακός πίνακας αξιολόγησης των σεναρίων εφαρμογής ΠΟΠ στο Δήμο Ζωγράφου.

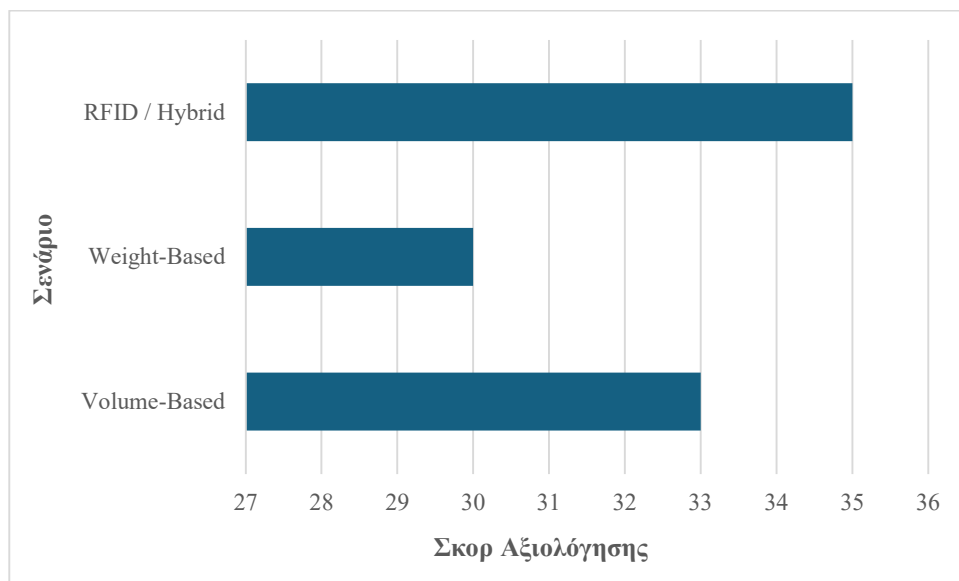
Πίνακας 12 - Πολυκριτηριακός Πίνακας Αξιολόγησης ΠΟΠ Δήμου Ζωγράφου

Κριτήριο	Βαρύτητα	Καταλληλότητα/ Πιθανότητα Εφαρμογής Ανά Σενάριο				Σκορ		
		Volume Based	Weight Based	Hybrid		Volume Based	Weight Based	Hybrid
		Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ		Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Αύξηση Ποσοστού Ανακύκλωσης	3	2	3	3		6	9	9
		Περιορισμένη αποτελεσματικότητα λόγω έλλειψης ακριβούς καταγραφής αποβλήτου	Άμεση σύνδεση με την παραγόμενη ποσότητα και είδος αποβλήτων	Σημαντική ενίσχυση λόγω δυνατότητας παρακολούθησης χρήσης κάδων				
Μείωση Σύμμεικτων Αποβλήτων	3	2	3	3		6	9	9
		Μη εξασφάλιση παραγόμενων ποσοτήτων	Άμεση σύνδεση κόστους και παραγόμενου αποβλήτου	Σημαντική μείωση λόγω δυνατότητας παρακολούθησης χρήσης κάδων				
Καταλληλότητα Κτιριακών Χώρων	3	2	1	3		6	3	9
		Δυσκολία κατανομής χρεώσεων / διαμέρισμα	Δύσκολο για κοινόχρηστους κάδους	Δυνατότητα ταυτοποίησης χρηστών				
Κόστος Εφαρμογής	2	3	2	1		6	4	2
		Περιορισμένες επενδύσεις ,εφαρμογή με χαμηλό κόστος	Απαίτηση σε εξοπλισμό ζύγισης και αναβάθμισης απορριμματοφόρων , αύξηση κόστους	Αυξημένο κόστος για την αναβάθμιση του εξοπλισμού, του λογισμικού παρακολούθησης και υποστήριξης ή και της καμπάνιας ενημέρωσης και εκπαίδευσης των πολιτών				
Ευκολία Εφαρμογής	1	3	1	2		3	1	2
		Εύκολη εφαρμογή ακόμη και σε υφιστάμενες υποδομές	Απαιτεί καθολικές αλλαγές σε εξοπλισμό και οργάνωση	Εφαρμόζεται σταδιακά και μπορεί να προσαρμοστεί και στις υφιστάμενες υποδομές				
Αποδοχή Πολιτών	2	3	2	2		6	4	4
		Εύκολο και κατανοητό σύστημα	Δικαιότερο μεν, μπορεί να δημιουργήσει επιφυλάξεις δε	Δυσκολία στην εφαρμογή λόγω δυσπιστίας ή ανησυχίας σχετικά με την παρακολούθηση				
Σύνολο Σκορ						33	30	35

4.5 Προτεινόμενο Μοντέλο ΠΟΠ για το Δήμο Ζωγράφου

4.5.1 Επιλογή και τεκμηρίωση μοντέλου

Μέσα από τη συγκριτική αξιολόγηση των τριών εξεταζόμενων σεναρίων εφαρμογής συστήματος Πληρώνω όσο Πετάω για την περίπτωση του Δήμου Ζωγράφου προέκυψε ότι το καταλληλότερο βάση υψηλότερης βαθμολογίας θα ήταν ένα υβριδικό σύστημα με αξιοποίηση τεχνολογιών RFID. Η παρουσίαση του σκορ παρουσιάζεται στο κάτωθι ραβδοδιάγραμμα.



Διάγραμμα 4 - Σκορ βαθμολογιών σεναρίων

Το υβριδικό σενάριο με τεχνολογία RFID συγκέντρωσε την υψηλότερη συνολική βαθμολογία. Παρότι έχει αυξημένο αρχικό κόστος υπερτερεί σε σημεία όπως η δυνατότητα ταυτοποίησης των χρηστών, η παρακολούθηση της χρήσης των κάδων αλλά και η προσαρμογή του στις ιδιαιτερότητες του Δήμου Ζωγράφου.

Το εν λόγω σύστημα προτείνεται γιατί σε ένα δήμο με πυκνή αστική δόμηση, όπως πολυκατοικίες και υψηλή πυκνότητα κατοίκων, με υφιστάμενο σύστημα κοινόχρηστων κάδων θεωρούμε πως μπορεί να είναι εφικτή η σταδιακή εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος. Το προτεινόμενο μοντέλο βασίζεται στην ταυτοποίηση των χρηστών μέσω τεχνολογίας RFID και στην ελεγχόμενη απόρριψη των σύμμεικτων αποβλήτων σε προκαθορισμένη ογκομετρική μονάδα. Η επιλογή αυτή κρίθηκε καταλληλότερη για τον Δήμο Ζωγράφου, καθώς επιτρέπει την αξιοποίηση του υφιστάμενου συστήματος κοινόχρηστων κάδων, χωρίς να απαιτεί ατομικούς κάδους ανά νοικοκυριό ή εξοπλισμό ζύγισης στα απορριμματοφόρα. Η εφαρμογή προτείνεται να ξεκινήσει πιλοτικά σε επιλεγμένη αντιπροσωπευτική περιοχή και να αξιολογηθεί πριν από οποιαδήποτε ευρύτερη επέκταση.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα συνοπτικός πίνακας αιτιολόγησης της τελικής απόφασης.

Πίνακας 13 - Πίνακας Αιτιολόγησης τελικής Απόφασης

Παράγοντας	Τεκμηρίωση
Πυκνή δόμηση	Ευνοούνται λύσεις με τους ήδη υπάρχοντες κοινόχρηστους κάδους. Εφαρμογή μέσω ταυτοποίηση χρηστών πχ από κινητό, είτε εφαρμογές
Πολυκατοικίες	Το RFID προσαρμόζεται καλύτερα από τα ατομικά συστήματα
Κόστος	Υψηλότερο αρχικό κόστος, το οποίο μπορεί να περιοριστεί μέσω σταδιακής εφαρμογής σε επιλεγμένες γειτονιές ή σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα, όπως οι Φοιτητικές Εστίες.
Ανακύκλωση	Υψηλή αναμενόμενη αποτελεσματικότητα σύμφωνα με τη βιβλιογραφία
Παρακολούθηση	Δυνατότητα καταγραφής χρήσης των κάδων και συλλογής δεδομένων για την αποτελεσματική εφαρμογή του ΠΟΠ. Δηλαδή τα στοιχεία που θα αντλούνται ,θα συλλέγονται και κατ' επέκταση μέσω αυτών θα ανταμείβονται οι πολίτες θα είναι του τύπου : -ποιος χρησιμοποίησε τον κάδο (μέσω RFID κάρτας ή tag), -πόσες φορές χρησιμοποιήθηκε -πότε έγινε η απόρριψη -ακόμη και πόσο βάρος ή όγκος απορριμμάτων απορρίφθηκε.

Με τη βοήθεια του παραπάνω πίνακα εξηγείται συνοπτικά πως η επιλογή προήλθε και πως συνδέεται με τα πραγματικά χαρακτηριστικά του Δήμου Ζωγράφου.

Παρότι δεν ήταν διαθέσιμα αναλυτικά οικονομικά στοιχεία που να επιτρέπουν την εκπόνηση πλήρους οικονομοτεχνικής ανάλυσης των εξεταζόμενων σεναρίων, πραγματοποιήθηκε ποιοτική συγκριτική αξιολόγηση των οικονομικών απαιτήσεων εφαρμογής τους. Η αξιολόγηση βασίστηκε σε κριτήρια που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία, το τοπικό ΤΣΔΑ του Δήμου Ζωγράφου, τις τεχνικές απαιτήσεις κάθε συστήματος ΠΟΠ, όπως το απαιτούμενο αρχικό κόστος επένδυσης, οι ανάγκες σε εξοπλισμό και τεχνολογικές υποδομές, το αναμενόμενο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και η δυνατότητα σταδιακής εφαρμογής. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στον ακόλουθο συγκριτικό πίνακα (heat map).

Πίνακας 14 - Συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών και οικονομικών απαιτήσεων εφαρμογής των εναλλακτικών σεναρίων ΠΟΠ

Οικονομική Παράμετρος	Volume Based	Weight Based	Hybrid RFID
Αρχικό κόστος	Χαμηλό	Υψηλό	Υψηλό
Κόστος λειτουργίας	Χαμηλό	Μέτριο	Μέτριο
Ανάγκη εξοπλισμού	Χαμηλό	Υψηλό	Υψηλό
Τεχνολογικές υποδομές	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό
Δυνατότητα σταδιακής εφαρμογής	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλό

Από τη συγκριτική αποτύπωση προκύπτει ότι το υβριδικό σύστημα RFID παρουσιάζει αυξημένες απαιτήσεις ως προς το αρχικό κόστος, τον απαιτούμενο εξοπλισμό και την τεχνολογική υποδομή, παρέχει όμως μεγαλύτερη δυνατότητα σταδιακής εφαρμογής, γεγονός που επιτρέπει την πιλοτική ανάπτυξη και τη σταδιακή επέκταση του συστήματος, περιορίζοντας την ανάγκη άμεσης επένδυσης στο σύνολο του Δήμου.

Όσον αφορά τα άλλα δύο σενάρια Volume Based & Weight Based οι λόγοι που δεν επιλέγονται ως προτεινόμενα μοντέλα αναφέρονται παρακάτω ανά μοντέλο.

Σενάριο Α – Volume Based

Το σενάριο αυτό, το οποίο αναφέρεται σε ένα προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης βάσει όγκου συγκέντρωσε συνολική βαθμολογία 33. Βασικό του πλεονέκτημα θεωρείται το χαμηλό κόστος και η ευκολία εφαρμογής. Ωστόσο ο κύριος λόγος που του χαμήλωσε τη βαθμολογία είναι η περιορισμένη δυνατότητα καταγραφής των αποβλήτων και η δυσκολία κατανομής των χρεώσεων. Αν αναλογιστούμε ότι αναφερόμαστε σε ένα δήμο, όπως ο πυκνοκατοικημένος γεμάτος με πολυκατοικίες Δήμος Ζωγράφου, τότε υπάρχει υπαρκτός περιορισμός της αποτελεσματικότητας αυτού του σεναρίου.

Σενάριο Β – Weight Based

Το σενάριο αυτό, το οποίο αναφέρεται σε ένα προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης βάσει βάρους συγκέντρωσε συνολική βαθμολογία 30. Ενώ εμφανίζεται αποτελεσματικότερο προς τη μείωση σύμμεικτων αποβλήτων και την αύξηση της ανακύκλωσης είναι ασύμφορο οικονομικά καθώς απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε εξοπλισμό ζύγισης και σε αναβάθμιση απορριμματοφόρων. Επιπλέον η εφαρμογή του στους υπάρχοντες κοινόχρηστους κάδους είναι ανέφικτη.

4.5.2 Σχεδιασμός και λειτουργία προτεινόμενου μοντέλου

Μετά την επιλογή και τεκμηρίωση του υβριδικού μοντέλου ΠΟΠ με χρήση τεχνολογίας RFID στο Δήμο Ζωγράφου, κρίνεται απαραίτητο να περιγραφεί με απλά λόγια πως προτείνεται να σχεδιασθεί. Για τις ανάγκες της παρούσας πρότασης, το υβριδικό σύστημα προτείνεται να σχεδιασθεί με βάση την **ογκομετρική χρέωση των σύμμεικτων αποβλήτων**, ενώ η τεχνολογία **RFID** να χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση των χρηστών και την ηλεκτρονική καταγραφή των απορρίψεών τους. Με τον τρόπο αυτό, η ποσότητα που αντιστοιχεί σε κάθε χρήστη να μπορεί να προσδιορίζεται χωρίς να απαιτείται ζύγιση των αποβλήτων ενώ η μεταβλητή χρέωση που εφαρμόζεται στο ρεύμα των σύμμεικτων

αποβλήτων έχει ως στόχο να δημιουργείται άμεσο οικονομικό κίνητρο για τον περιορισμό τους και παράλληλα την ενίσχυση της χωριστής συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών και βιοαποβλήτων.

Η εφαρμογή του συστήματος βασίζεται κυρίως στην αξιοποίηση της υφιστάμενης υποδομής του Δήμου. Οι υφιστάμενοι κοινόχρηστοι κάδοι σύμμεικτων αποβλήτων δεν αντικαθίστανται απαραίτητα στο σύνολό τους, αλλά προτείνεται η τεχνική τους αναβάθμιση με κατάλληλη μονάδα ελεγχόμενης απόρριψης. Η μονάδα αυτή θα περιλαμβάνει σύστημα ταυτοποίησης RFID, ηλεκτρονικό μηχανισμό πρόσβασης και ογκομετρικό μηχανισμό προκαθορισμένης χωρητικότητας. Ο βασικός κάδος εξακολουθεί να λειτουργεί ως κάδος συλλογής, ενώ η πρόσθετη μονάδα ελέγχει την πρόσβαση και την ποσότητα που μπορεί να απορριφθεί ανά χρήση. Σε περιπτώσεις όπου η μετατροπή υφιστάμενων κάδων δεν είναι τεχνικά εφικτή, θα απαιτείται η χρήση κατάλληλων κάδων ελεγχόμενης πρόσβασης.

Ενδεικτικό παράδειγμα αντίστοιχης τεχνικής αναβάθμισης υφιστάμενου κάδου παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.



Εικόνα 5- Ενδεικτικό σύστημα ελεγχόμενης πρόσβασης και ογκομετρικής απόρριψης σε υφιστάμενο κάδο

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, ως βασική παραδοχή σχεδιασμού υιοθετείται ογκομετρική μονάδα απόρριψης **ονομαστικής χωρητικότητας 30 L ανά χρήση**. Η συγκεκριμένη χωρητικότητα βρίσκεται εντός του εύρους που συναντάται σε αντίστοιχες εφαρμογές συστημάτων ΠΟΠ με ελεγχόμενη πρόσβαση και επιλέγεται ως αντιπροσωπευτική τιμή για την εξειδίκευση και την κοστολόγηση του προτεινόμενου συστήματος.

Συνεπώς, κάθε ολοκληρωμένη χρήση της μονάδας απόρριψης θα αντιστοιχεί σε ονομαστικό όγκο 30 L σύμμεικτων αποβλήτων. Ο συνολικός όγκος που θα καταγράφεται για κάθε χρήστη και η εκάστοτε περίοδο χρέωσης θα προκύπτει από τον αριθμό των καταγεγραμμένων χρήσεων επί την ονομαστική χωρητικότητα της μονάδας. Η προσέγγιση αυτή δεν αποτελεί μέτρηση του πραγματικού βάρους ή του πραγματικού όγκου των

αποβλήτων που περιέχονται σε κάθε σακούλα, αλλά ογκομετρική χρέωση βάσει προκαθορισμένης μονάδας απόρριψης.

Στη συνέχεια κάθε νοικοκυριό ή άλλος εγγεγραμμένος χρήστης θα διαθέτει μοναδικό μέσο ταυτοποίησης RFID, όπως κάρτα ή ηλεκτρονικό αναγνωριστικό, το οποίο θα συνδέεται με τον αντίστοιχο λογαριασμό στο πληροφοριακό σύστημα του ΠΟΠ. Για την απόρριψη των σύμμεικτων αποβλήτων, ο χρήστης θα ταυτοποιείται στον αναγνώστη RFID του κάδου και μετά την επιτυχή αναγνώρισή του, θα ενεργοποιείται η μονάδα ελεγχόμενης απόρριψης. Ο χρήστης θα τοποθετεί τη σακούλα των σύμμεικτων αποβλήτων στον ογκομετρικό μηχανισμό όπως περιγράφηκε παραπάνω και με την ολοκλήρωση της διαδικασίας τα απόβλητα θα καταλήγουν στον κύριο κάδο ενώ η συγκεκριμένη χρήση θα καταγράφεται αυτόματα στο σύστημα. Για τη λειτουργία του συγκεκριμένου μοντέλου δεν απαιτείται η χρήση ειδικών προπληρωμένων σακουλών καθώς η ποσοτικοποίηση πραγματοποιείται μέσω της ογκομετρικής μονάδας απόρριψης.

Η ποσότητα των σύμμεικτων αποβλήτων που καταλογίζεται στον χρήστη θα προκύπτει από την προκαθορισμένη χωρητικότητα των 30 L ανά χρήση και τον αριθμό των καταγεγραμμένων απορρίψεων. Κάθε ολοκληρωμένη χρήση θα αντιστοιχεί επομένως σε μία ονομαστική ογκομετρική μονάδα 30 L, ανεξάρτητα από το πραγματικό βάρος ή τον πραγματικό όγκο της σακούλας. Ο συνολικός καταγεγραμμένος όγκος ανά περίοδο χρέωσης θα προκύπτει από τον αριθμό των χρήσεων επί 30 L.

Με κάθε απόρριψη θα δημιουργείται ηλεκτρονική εγγραφή στην κεντρική πλατφόρμα διαχείρισης. Η εγγραφή θα περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τον μοναδικό κωδικό του χρήστη, τον κωδικό και τη θέση του κάδου, την ημερομηνία και ώρα της απόρριψης και την ογκομετρική μονάδα που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρήση. Με τον τρόπο αυτό θα δημιουργείται ιστορικό απορρίψεων ανά χρήστη και θα υπολογίζεται ο συνολικός όγκος σύμμεικτων αποβλήτων που του αντιστοιχεί για κάθε περίοδο χρέωσης. Παράλληλα, ο Δήμος θα μπορεί να παρακολουθεί συγκεντρωτικά τη χρήση των κάδων και την εξέλιξη των ποσοτήτων των σύμμεικτων αποβλήτων ανά περιοχή – γειτονιά.

Η χρέωση του χρήστη θα αποτελείται από **σταθερό και μεταβλητό μέρος**. Το σταθερό μέρος θα καλύπτει τις δαπάνες της υπηρεσίας καθαριότητας που δεν συνδέονται άμεσα με την ατομική παραγωγή αποβλήτων, όπως η καθαριότητα των κοινόχρηστων χώρων και μέρος των πάγιων λειτουργικών δαπανών. Το μεταβλητό μέρος θα υπολογίζεται βάσει του καταγεγραμμένου όγκου σύμμεικτων αποβλήτων. Κατά συνέπεια, όσο μικρότερη είναι η ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων που απορρίπτει ένας χρήστης, τόσο μικρότερη θα είναι και η μεταβλητή οικονομική του επιβάρυνση.

Η χωριστή συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών και των βιοαποβλήτων δεν προτείνεται να επιβαρύνεται με αντίστοιχη μεταβλητή χρέωση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται η βασική οικονομική λογική του συστήματος: ο πολίτης έχει κίνητρο να περιορίζει την ποσότητα που καταλήγει στον κάδο των σύμμεικτων και να διαχωρίζει ορθότερα τα απόβλητά του, κατευθύνοντας τα ανακυκλώσιμα υλικά και τα βιοαπόβλητα στα αντίστοιχα συστήματα χωριστής συλλογής. Επομένως, η οικονομική επιβάρυνση δεν λειτουργεί μόνο ως μηχανισμός χρέωσης, αλλά και ως εργαλείο μεταβολής της συμπεριφοράς του χρήστη προς την πρόληψη και τη διαλογή στην πηγή.

Σε επόμενο στάδιο εφαρμογής, η τεχνολογία ταυτοποίησης μπορεί να επεκταθεί και στα χωριστά συλλεγόμενα ρεύματα, χωρίς αυτά να επιβαρύνονται με μεταβλητό τέλος. Η καταγραφή της συμμετοχής στην ανακύκλωση ή στη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την εφαρμογή **ανταποδοτικών κινήτρων ή επιβράβευσης** των χρηστών. Μια τέτοια επέκταση θα πρέπει να αξιολογηθεί μετά την αρχική εφαρμογή του συστήματος, ώστε να μην αυξηθούν υπέρμετρα το αρχικό κόστος και η τεχνική πολυπλοκότητα του προτεινόμενου μοντέλου.

Παράλληλα, προβλέπεται η δυνατότητα ηλεκτρονικής ενημέρωσης του χρήστη μέσω εφαρμογής ή διαδικτυακής πλατφόρμας. Ο χρήστης θα μπορεί να παρακολουθεί τις καταγεγραμμένες απορρίψεις του, τον συνολικό όγκο σύμμεικτων αποβλήτων που του έχει καταλογιστεί και τη διαμόρφωση του μεταβλητού μέρους της χρέωσής του. Σε περίπτωση μελλοντικής επέκτασης του συστήματος και στα χωριστά συλλεγόμενα ρεύματα, μέσω της ίδιας πλατφόρμας θα μπορεί να ενημερώνεται και για τη συμμετοχή του σε αυτά και για τυχόν ανταποδοτικά κίνητρα.

Η εφαρμογή του συστήματος προτείνεται να πραγματοποιηθεί **σταδιακά**, αρχικά σε επιλεγμένη περιοχή ή ομάδα χρηστών και στη συνέχεια να επεκταθεί με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής. Η σταδιακή ανάπτυξη περιορίζει την ανάγκη άμεσης επένδυσης στο σύνολο του δικτύου κάδων και επιτρέπει την αξιολόγηση τόσο της τεχνικής λειτουργίας του εξοπλισμού όσο και της ανταπόκρισης των πολιτών πριν από την ευρύτερη εφαρμογή του συστήματος.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, η αρχική εφαρμογή του συστήματος προτείνεται να πραγματοποιηθεί σε πιλοτική κλίμακα, σε επιλεγμένη αντιπροσωπευτική περιοχή του Δήμου Ζωγράφου. Το πιλοτικό σενάριο αφορά περίπου 1.000 νοικοκυριά, που αντιστοιχούν σε εκτιμώμενο πληθυσμό 1.977 κατοίκων, και προβλέπει την τεχνική αναβάθμιση περίπου 45 υφιστάμενων κάδων σύμμεικτων αποβλήτων και τη διάθεση 1.000 καρτών RFID. Ο αριθμός των 45 κάδων προκύπτει από την υφιστάμενη αναλογία περίπου 22 νοικοκυριών ανά κάδο

στον Δήμο, ενώ σε πραγματικές συνθήκες εφαρμογής ο τελικός αριθμός και η ακριβής χωροθέτηση θα πρέπει να επιβεβαιωθούν μέσω επιτόπιας καταγραφής



Εικόνα 6-Διάγραμμα ροής Hybrid RFID με ογκομετρική χρέωση σύμμεκτων

4.6 Προκλήσεις και περιορισμοί εφαρμογής

4.6.1 Τεχνικές προκλήσεις

Οι προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει ένα σύστημα ΠΟΠ το οποίο θα βασίζεται σε αντικείμενα τα οποία βασίζονται στο IoT έχουν ακόμη αρκετούς περιορισμούς οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση της εφαρμογής της τεχνολογίας στο σχεδιασμό του συστήματος. Για παράδειγμα το περιβάλλον που θα λειτουργούν οι συσκευές αυτές θα πρέπει να είναι κατάλληλο ώστε να μην επηρεάσει την τεχνική τους απόδοση ειδικά όταν η αρχική πρόθεση είναι να εγκατασταθούν σε υφιστάμενους κάδους. Επιπλέον τούτου η αντίληψη των πολιτών απέναντι στην τεχνολογία είναι ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το ποσοστό συμμετοχής και επιτυχίας γιατί οι νέες τεχνολογίες για να είναι εφαρμόσιμες δεν πρέπει να τροποποιούν σε μεγάλο βαθμό τις παραδοσιακές συμπεριφορές των πολιτών. (Elia et al., 2015)

4.6.2 Οικονομικοί Περιορισμοί

Η εφαρμογή ενός συστήματος ΠΟΠ με τεχνολογία RFID συνεπάγεται αυξημένες οικονομικές απαιτήσεις σε σχέση με απλούστερα συστήματα χρέωσης. Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν τόσο το αρχικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του απαραίτητου εξοπλισμού όσο και το λειτουργικό κόστος που συνδέεται με τη συντήρηση των ηλεκτρονικών και μηχανικών μερών, τη λειτουργία της πληροφοριακής πλατφόρμας, τη συνδεσιμότητα και την τεχνική υποστήριξη του συστήματος.

Στην περίπτωση του προτεινόμενου μοντέλου για τον Δήμο Ζωγράφου, η αξιοποίηση και τεχνική αναβάθμιση υφιστάμενων κάδων μπορεί να περιορίσει την ανάγκη πλήρους αντικατάστασης του εξοπλισμού, χωρίς ωστόσο να εξαλείφει το απαιτούμενο επενδυτικό κόστος. Για τον λόγο αυτό, η εφαρμογή σε πιλοτική κλίμακα πριν από ενδεχόμενη επέκταση στο σύνολο του Δήμου κρίνεται σημαντική, ώστε να αξιολογηθούν οι πραγματικές τεχνικές και οικονομικές απαιτήσεις του συστήματος.

Επιπλέον, σημαντικός περιορισμός για την οικονομική αξιολόγηση αποτελεί η διαθεσιμότητα αναλυτικών στοιχείων σχετικά με το πραγματικό κόστος της υφιστάμενης διαχείρισης των αποβλήτων του Δήμου. Η έλλειψη τέτοιων δεδομένων περιορίζει τη δυνατότητα άμεσης σύγκρισης του προτεινόμενου συστήματος με την υφιστάμενη κατάσταση.

4.6.3 Κοινωνικές Προκλήσεις & Κίνδυνοι Εφαρμογής

Η επιτυχία ενός συστήματος ΠΟΠ και ειδικά ενός συστήματος υβριδικού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αποδοχή και τη συμμετοχή των πολιτών. Αυτό γιατί προϋποθέτει εκπαίδευση, έγκαιρη και ολοκληρωμένη ενημέρωση από την πλευρά του πολίτη ώστε η εφαρμογή του να ενσωματωθεί στην καθημερινή πρακτική διαχείριση των απορριμμάτων του και να γίνει ουσιαστικά μέρος της παιδείας του. Αυτό όμως για τεχνολογίες όπως αυτή της RFID μπορεί να επιφέρει επιφυλάξεις ή και αντιδράσεις γιατί θεωρείται από μία μεγάλη μερίδα πολιτών ότι η τεχνολογία αυτή δεν είναι αρκετά ασφαλής ώστε να προστατεύσει τα προσωπικά δεδομένα του χρήστη. Εκτός όμως από αυτό ο ψηφιακός αναλφαριθμητισμός, η δυσκολία των μεγαλύτερων σε ηλικία ανθρώπων να εναρμονιστούν με τις σύγχρονες τάσεις προτιμώντας τους παραδοσιακούς τρόπους διάθεσης είναι προβλήματα τα οποία λειτουργούν σαν τροχοπέδη στην προσπάθεια της εφαρμογής του συστήματος αυτού.

Η σύνδεση της χρήσης του κάδου με οικονομική χρέωση αποτελεί επίσης παράγοντα που μπορεί να επηρεάσει την κοινωνική αποδοχή του συστήματος. Η σαφής ενημέρωση των

πολιτών σχετικά με τον τρόπο καταγραφής των απορρίψεων και υπολογισμού της χρέωσης αποτελεί επομένως βασική προϋπόθεση για την αποδοχή του προγράμματος. Παράλληλα, σε συστήματα ΠΟΠ πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο κίνδυνος αποφυγής της χρέωσης μέσω της διάθεσης αποβλήτων σε άλλους κάδους, σε γειτονικές περιοχές ή ακόμη και μέσω ανεξέλεγκτης απόρριψης. Η πιλοτική εφαρμογή μπορεί να επιτρέψει την παρακολούθηση τέτοιων συμπεριφορών πριν από την πιθανή επέκταση του συστήματος.

4.6.4 Περιορισμοί της παρούσας μελέτης

Η επιλογή του προτεινόμενου μοντέλου βασίστηκε σε πολυκριτηριακή αξιολόγηση και σε διαθέσιμα δευτερογενή δεδομένα, όπως η σχετική βιβλιογραφία και τα στοιχεία του Τοπικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου. Οι συντελεστές βαρύτητας και η βαθμολόγηση των εξεταζόμενων σεναρίων περιλαμβάνουν αναπόφευκτα στοιχεία αξιολογικής κρίσης και επομένως τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης πρέπει να ερμηνεύονται στο πλαίσιο των παραδοχών που υιοθετήθηκαν.

Παράλληλα, η περαιτέρω εξειδίκευση του προτεινόμενου συστήματος βασίζεται σε παραδοχές σχεδιασμού και σε στοιχεία αναφοράς από αντίστοιχες εφαρμογές, καθώς δεν έχει προηγηθεί πραγματική πιλοτική λειτουργία του συστήματος στον Δήμο Ζωγράφου. Κατά συνέπεια, οι εκτιμήσεις που ακολουθούν στην εργασία αποτελούν εργαλείο σχεδιασμού και αξιολόγησης ενός πιθανού σεναρίου εφαρμογής και όχι πρόβλεψη πραγματικών αποτελεσμάτων.

5. Αξιοποίηση αποτελεσμάτων και προτάσεις εφαρμογής

Η ανάλυση των στοιχείων του Δήμου Ζωγράφου για την περίοδο 2015–2019 στον πίνακα 10 παρουσίασε πως τα ποσοστά ανακύκλωσης παρέμειναν σε χαμηλά επίπεδα, ενώ οι ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων δεν έδειξαν κάποια ουσιαστική μείωση. Τα ευρήματα αυτά αναδεικνύουν την ανάγκη εφαρμογής αποτελεσματικότερων εργαλείων διαχείρισης, όπως το σύστημα ΠΟΠ.

5.1 Αναμενόμενα οφέλη από την εφαρμογή ΠΟΠ

5.1.1 Περιβαλλοντικά οφέλη

Η εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ) στον Δήμο Ζωγράφου αναμένεται να συμβάλει ουσιαστικά στη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του Δήμου. Η βασική αρχή του ΠΟΠ, σύμφωνα με την οποία οι πολίτες επιβαρύνονται ανάλογα με την ποσότητα των σύμμεικτων αποβλήτων που παράγουν, δημιουργεί οικονομικό κίνητρο για τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων και την αύξηση της συμμετοχής στη διαλογή στην πηγή.

Στην περίπτωση του Δήμου Ζωγράφου, η ανάλυση των στοιχείων της περιόδου 2015–2019 όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακα 10, έδειξε ότι οι ποσότητες των σύμμεικτων αποβλήτων παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα, ενώ το ποσοστό ανακύκλωσης κυμάνθηκε περίπου στο 6%, γεγονός που υποδηλώνει την ανάγκη υιοθέτησης αποτελεσματικότερων εργαλείων διαχείρισης. Η εφαρμογή του υβριδικού συστήματος με τεχνολογία RFID που προτείνεται αναμένεται να ενισχύσει τη διαλογή στην πηγή, να μειώσει τις ποσότητες των σύμμεικτων αποβλήτων και να αυξήσει τη συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών.

Επιπλέον, η δυνατότητα παρακολούθησης της χρήσης των κάδων μέσω τεχνολογίας RFID επιτρέπει την καλύτερη καταγραφή της χρήσης του συστήματος και των απορρίψεων αποβλήτων.

Τέλος, η αναμενόμενη αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης και η μείωση των αποβλήτων που οδηγούνται προς τελική διάθεση συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων της εθνικής και ευρωπαϊκής πολιτικής για την κυκλική οικονομία, μειώνοντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τη διάθεση αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Πίνακας 15- Αναμενόμενα Περιβαλλοντικά Οφέλη από την Εφαρμογή ΠΟΠ στο Δ.Ζωγράφου

Περιβαλλοντικός δείκτης	Υφιστάμενη κατάσταση (2019)	Αναμενόμενη επίδραση εφαρμογής ΠΟΠ
Σύμμεικτα απόβλητα	Υψηλές ποσότητες	Μείωση
Ποσοστό ανακύκλωσης	~6%	Αύξηση
Διαλογή στην πηγή	Περιορισμένη	Ενίσχυση
Ποιότητα ανακυκλώσιμων	Επηρεάζεται από προσμίξεις	Βελτίωση
Απόβλητα προς ταφή	Υψηλό ποσοστό	Μείωση

5.1.2 Κοινωνικά & Διοικητικά Οφέλη

Η εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος Πληρώνω Όσο Πετάω (ΠΟΠ) αναμένεται να επιφέρει σημαντικά κοινωνικά και διοικητικά οφέλη για τον Δήμο Ζωγράφου, αρχικά ενισχύοντας τη συμμετοχή των πολιτών αλλά και δευτερευόντως την αποτελεσματικότητα των δημοτικών υπηρεσιών.

Σε κοινωνικό επίπεδο, η σύνδεση μέρους της χρέωσης με την καταγεγραμμένη χρήση της ογκομετρικής μονάδας απόρριψης ενισχύει την εφαρμογή της αρχής “ο ρυπαίνων πληρώνει”, προωθώντας ένα δικαιότερο σύστημα κατανομής των δημοτικών τελών. Παράλληλα, το οικονομικό κίνητρο που δημιουργείται από τη σύνδεση της μεταβλητής χρέωσης με τη χρήση του συστήματος μπορεί να ενισχύσει την περιβαλλοντική συνείδηση και να ενθαρρύνει τη μείωση των σύμμεικτων αποβλήτων και τη συμμετοχή στη χωριστή συλλογή. Καθώς η εφαρμογή του συστήματος προϋποθέτει την ενεργή ενημέρωση και συμμετοχή των πολιτών είναι ένα τρόπος όπου μπορεί να συμβάλει και στη βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ του Δήμου και των δημοτών.

Σε διοικητικό επίπεδο, η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως το RFID επιτρέπει την καταγραφή και παρακολούθηση της χρήσης των κάδων, παρέχοντας δεδομένα σχετικά με τη συχνότητα χρήσης των κάδων και τις καταγεγραμμένες απορρίψεις. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν για την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος, τον καλύτερο προγραμματισμό των υπηρεσιών καθαριότητας και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση των δημοτικών αποβλήτων.

5.2 Σχεδιασμός του προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης ΠΟΠ–RFID στον Δήμο Ζωγράφου

5.2.1 Βασικές Αρχές μοντέλου χρέωσης

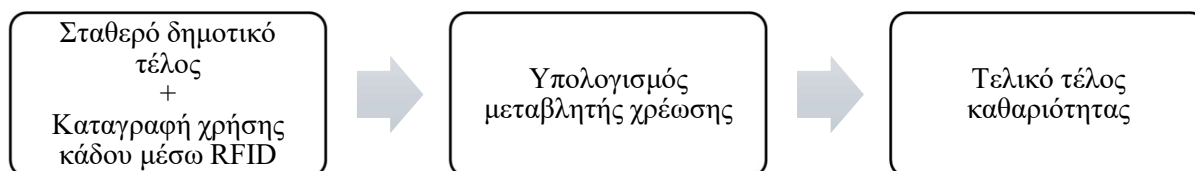
Το προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης βασίζεται στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», σύμφωνα με την οποία μέρος του τέλους συνδέεται με την καταγεγραμμένη χρήση του συστήματος απόρριψης σύμμεικτων αποβλήτων. Στόχος του μοντέλου είναι η παροχή οικονομικών κινήτρων για τη μείωση των σύμμεικτων αποβλήτων, η ενίσχυση της ανακύκλωσης και η δικαιότερη κατανομή του κόστους διαχείρισης μεταξύ των δημοτών.

5.2.2 Δομή Προτεινόμενου μοντέλου χρέωσης

Το προτεινόμενο μοντέλο χρέωσης θα αποτελείται από δύο συνιστώσες. Από το **σταθερό τέλος** το οποίο θα καλύπτει υπηρεσίες όπως ο οδοκαθαρισμός, οι κοινόχρηστοι χώροι και λοιπά λειτουργικά έξοδα και από το **μεταβλητό τέλος** το οποίο θα συνδέεται με τον αριθμό των καταγεγραμμένων χρήσεων της προκαθορισμένης ογκομετρικής μονάδας απόρριψης των 30 L. Προφανώς δεν μπορεί όλο το τέλος να είναι μεταβλητό καθώς υπάρχουν υπηρεσίες, και χώροι κοινής ωφέλειας που δεν μπορούν να αναχθούν ατομικά ανά πολίτη.

5.2.3 Προτεινόμενος Μηχανισμός Χρέωσης

Ο προτεινόμενος μηχανισμός χρέωσης απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής :



Διάγραμμα 5- Διάγραμμα ροής προτεινόμενου μηχανισμού χρέωσης

Παραδοχές χρέωσης :

Για τις ανάγκες σχεδιασμού του προτεινόμενου μοντέλου υιοθετείται ενδεικτική κατανομή του τέλους σε σταθερό και μεταβλητό μέρος. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι το 60% αντιστοιχεί στο σταθερό μέρος και το 40% στο μεταβλητό μέρος της χρέωσης. Η συγκεκριμένη αναλογία αποτελεί παραδοχή της μελέτης και δεν συνιστά υφιστάμενο ή θεσμοθετημένο τιμολόγιο του Δήμου Ζωγράφου.

Στοιχείο χρέωσης	Ενδεικτική συμμετοχή
Σταθερό τέλος	60%
Μεταβλητό τέλος	40%

5.3 Προτεινόμενα στάδια εφαρμογής του μοντέλου ΠΟΠ+RFID

5.3.1 Απαιτήσεις προσαρμογής του υφιστάμενου εξοπλισμού

Η εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος ΠΟΠ–RFID δεν προϋποθέτει την πλήρη αντικατάσταση του υφιστάμενου εξοπλισμού του Δήμου Ζωγράφου, αλλά βασίζεται, όπου αυτό είναι τεχνικά εφικτό, στην αναβάθμιση υφιστάμενων κάδων σύμμεικτων αποβλήτων. Η αναβάθμιση περιλαμβάνει σύστημα ταυτοποίησης χρηστών μέσω RFID, μηχανισμό ελεγχόμενης πρόσβασης και ογκομετρική μονάδα απόρριψης προκαθορισμένης χωρητικότητας 30 L. Οι υφιστάμενοι κάδοι εξακολουθούν να λειτουργούν ως μέσα συλλογής των σύμμεικτων αποβλήτων, ενώ αντικατάσταση προβλέπεται μόνο στις περιπτώσεις όπου η τεχνική προσαρμογή τους δεν είναι εφικτή.

Πίνακας 16-Υφιστάμενη υποδομή προς αξιοποίηση

Υφιστάμενη υποδομή	Ρόλος στο ΠΟΠ
Κάδοι σύμμεικτων 1.100 L	Τεχνική αναβάθμιση με RFID, ελεγχόμενη πρόσβαση και ογκομετρική μονάδα 30 L
Κάρτες RFID	Ταυτοποίηση των συμμετεχόντων νοικοκυριών
Κεντρική πληροφοριακή πλατφόρμα	Καταγραφή και επεξεργασία των δεδομένων χρήσης
Υφιστάμενο σύστημα αποκομιδής	Διατήρηση της υφιστάμενης διαδικασίας συλλογής των σύμμεικτων αποβλήτων

5.3.2 Πιλοτική Εφαρμογή

Η μετάβαση από το υφιστάμενο συμβατικό σύστημα χρέωσης σε ένα σύστημα «Πληρώνω Όσο Πετώ» (ΠΟΠ) με τεχνολογία RFID προτείνεται να πραγματοποιηθεί σταδιακά, μέσω πιλοτικής εφαρμογής. Η πιλοτική φάση επιτρέπει την αξιολόγηση της λειτουργικότητας του συστήματος, τον εντοπισμό τεχνικών ή οργανωτικών προβλημάτων και τη σταδιακή εξοικείωση των πολιτών και των δημοτικών υπηρεσιών, πριν από τη γενικευμένη εφαρμογή σε όλο τον Δήμο Ζωγράφου.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, η πιλοτική εφαρμογή εξειδικεύεται σε επιλεγμένη, χωρικά οριοθετημένη περιοχή του Δήμου Ζωγράφου, με χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικά της πυκνής αστικής δομής του Δήμου. Ως ενδεικτική περιοχή εφαρμογής εξετάζεται συμπαγής οικιστική ενότητα στην περιοχή των Άνω Ιλισίων. Η τελική χωροθέτηση σε πραγματικές συνθήκες εφαρμογής θα πρέπει να επιβεβαιωθεί μετά από επιτόπια καταγραφή του υφιστάμενου δικτύου κάδων.

➤ Χαρακτηριστικά Πιλοτικής Εφαρμογής

Πίνακας 17-Προτεινόμενα χαρακτηριστικά πιλοτικής εφαρμογής

Παράμετρος	Προτεινόμενη πιλοτική εφαρμογή
Περιοχή εφαρμογής	Επιλεγμένη οικιστική ενότητα του Δήμου Ζωγράφου
Συμμετέχοντα νοικοκυριά	περίπου 1.000
Εκτιμώμενος πληθυσμός	περίπου 1.977 κάτοικοι
Κάδοι σύμμεικτων προς αναβάθμιση	περίπου 45
Κάρτες RFID	1.000
Ογκομετρική μονάδα απόρριψης	30 L ανά καταγεγραμμένη χρήση
Σύστημα χρέωσης	Συνδυασμός σταθερού και μεταβλητού τέλους
Παρακολούθηση	Καταγραφή χρήσεων και αξιολόγηση τεχνικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών δεικτών

➤ Στόχοι Πιλοτικής Εφαρμογής

Η πιλοτική εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος ΠΟΠ με τεχνολογία RFID αποσκοπεί στην αξιολόγηση τόσο της τεχνικής όσο και της λειτουργικής αποτελεσματικότητας του συστήματος πριν από τη γενικευμένη εφαρμογή του στον Δήμο Ζωγράφου. Μέσω της πιλοτικής φάσης επιδιώκεται η έγκαιρη αναγνώριση πιθανών τεχνικών, οργανωτικών ή κοινωνικών ζητημάτων, ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές, διορθώσεις για να υπάρχει πιθανότητα να είναι επιτυχής η υλοποίηση του συστήματος αυτού. Για το λόγο αυτό ένα σημαντικό βήμα στο σχεδιασμό μιας πιλοτικής εφαρμογής είναι οι στόχοι που πρέπει να τεθούν . Συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 18-Στόχοι της πιλοτικής εφαρμογής

Στόχος	Περιγραφή
Τεχνικοί	Έλεγχος της λειτουργίας του εξοπλισμού RFID και της αξιοπιστίας των καταγραφών.
Λειτουργικοί	Έλεγχος της διαδικασίας αποκομιδής και της εφαρμογής του μηχανισμού χρέωσης.
Κοινωνικοί	Εκτίμηση της αποδοχής του συστήματος από τους πολίτες και καταγραφή πιθανών προβλημάτων.
Περιβαλλοντικοί	Παρακολούθηση μεταβολών στις ποσότητες σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων αποβλήτων.

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 18, οι στόχοι της πιλοτικής εφαρμογής καλύπτουν τέσσερις βασικές διαστάσεις: την τεχνική αξιοπιστία του εξοπλισμού, τη λειτουργική αποτελεσματικότητα της διαδικασίας συλλογής και χρέωσης, την αποδοχή του συστήματος από τους πολίτες και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις που αναμένεται να επιφέρει η εφαρμογή του. Η συνολική αξιολόγηση των παραπάνω στόχων θα αποτελέσει τη βάση για την απόφαση επέκτασης του συστήματος σε ολόκληρο τον Δήμο.

➤ Δείκτες παρακολούθησης Πιλοτικής Εφαρμογής

Για την αντικειμενικότερη αξιολόγηση της πιλοτικής εφαρμογής κρίνεται χρήσιμη η παρακολούθηση συγκεκριμένων δεικτών απόδοσης (Key Performance Indicators – KPIs), οι οποίοι θα επιτρέπουν την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος σε τεχνικό, περιβαλλοντικό και λειτουργικό επίπεδο.

Πίνακας 19-Δείκτες παρακολούθησης

Δείκτης	Σκοπός παρακολούθησης
Ποσοστό ανακύκλωσης	Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος.
Ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων	Εκτίμηση της μείωσης των αποβλήτων προς ταφή.
Συμμετοχή πολιτών	Εκτίμηση της χρήσης του συστήματος από τα νοικοκυριά.
Αριθμός τεχνικών προβλημάτων	Έλεγχος αξιοπιστίας εξοπλισμού και λογισμικού.
Ορθότητα καταγραφών RFID	Επιβεβαίωση της ακρίβειας των δεδομένων.

Οι δείκτες του Πίνακα 19. επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση της λειτουργίας του προτεινόμενου συστήματος και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με την υφιστάμενη κατάσταση του Δήμου Ζωγράφου. Η συστηματική συλλογή και ανάλυση των δεδομένων συμβάλλει στην αξιολόγηση της επίτευξης των στόχων του συστήματος ΠΟΠ, καθώς και στη λήψη αποφάσεων για τη βελτίωση της λειτουργίας του και την επέκτασή του σε μεγαλύτερη κλίμακα.

➤ Κριτήρια επιτυχίας της πιλοτικής εφαρμογής

Η πιλοτική εφαρμογή θα θεωρηθεί επιτυχής εφόσον επιβεβαιωθεί η αξιόπιστη λειτουργία του τεχνολογικού εξοπλισμού, η ορθή καταγραφή των απορρίψεων μέσω RFID και η αποτελεσματική λειτουργία του μηχανισμού χρέωσης. Παράλληλα, θετική αξιολόγηση θα αποτελεί η αύξηση της συμμετοχής των πολιτών στη διαλογή στην πηγή, η εμφάνιση τάσης μείωσης των σύμμεικτων αποβλήτων, καθώς και η αποδοχή του νέου συστήματος από τους χρήστες.

Τα αποτελέσματα της πιλοτικής φάσης θα χρησιμοποιηθούν για την προσαρμογή του σχεδιασμού και τη σταδιακή εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου στον Δήμο Ζωγράφου.

5.3.3 Σταδιακή επέκταση του συστήματος ΠΟΠ & RFID

Μετά την ολοκλήρωση της πιλοτικής εφαρμογής, και εφόσον τα αποτελέσματα είναι εντός των επιθυμητών δεικτών, προτείνεται η σταδιακή επέκταση του συστήματος PAYT με τεχνολογία RFID στο σύνολο του Δήμου Ζωγράφου. Η σταδιακή προσέγγιση επιτρέπει την αξιοποίηση της εμπειρίας που αποκτήθηκε κατά την πιλοτική φάση, μειώνει τον κίνδυνο αστοχιών κατά την εφαρμογή και διευκολύνει την προσαρμογή τόσο των δημοτικών υπηρεσιών όσο και των πολιτών στο νέο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων.

Παρακάτω προτείνεται ένα συνοπτικό σχέδιο υλοποίησης :

➤ Προτεινόμενο Σχέδιο Υλοποίησης

Φάση	Ενέργειες	Αναμενόμενο αποτέλεσμα
Προετοιμασία	Προμήθεια RFID, εγκατάσταση λογισμικού, ενημέρωση πολιτών, εκπαίδευση προσωπικού	Δημιουργία κατάλληλων προϋποθέσεων εφαρμογής
Πιλοτική εφαρμογή	Εφαρμογή σε επιλεγμένη περιοχή, συλλογή δεδομένων, αξιολόγηση χρεώσεων	Έλεγχος λειτουργίας και αποδοχής
Σταδιακή επέκταση	Ένταξη νέων περιοχών, προσαρμογή εξοπλισμού και διαδικασιών	Κλιμακούμενη εφαρμογή με περιορισμό κινδύνων
Πλήρης λειτουργία	Καθολική εφαρμογή PAYT + RFID και συνεχής παρακολούθηση	Δίκαιο και αποδοτικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων

5.3.4 Συνεχής παρακολούθηση και βελτιστοποίηση του συστήματος

Η αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου συστήματος δεν εξαρτάται μόνο από τον αρχικό σχεδιασμό και την επιτυχή εφαρμογή του, αλλά και από τη συνεχή παρακολούθηση της λειτουργίας του και την αξιοποίηση των δεδομένων που συλλέγονται.

Η χρήση της τεχνολογίας RFID παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής των χρήσεων του συστήματος απόρριψης και της παρακολούθησης της χρήσης των κάδων, επιτρέποντας την αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό ο Δήμος μπορεί να εντοπίζει αποκλίσεις, να βελτιώνει τις διαδικασίες συλλογής και να προσαρμόζει τον μηχανισμό χρέωσης όταν απαιτείται. Προτείνονται λοιπόν τα παρακάτω βήματα :

(α) Παρακολούθηση της εξέλιξης των ποσοτήτων αποβλήτων

Η παρακολούθηση της εξέλιξης των ποσοτήτων σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων αποβλήτων αποτελεί βασικό στοιχείο για την αξιολόγηση της πιλοτικής εφαρμογής. Τα στοιχεία αυτά, σε συνδυασμό με τα δεδομένα χρήσης που καταγράφονται μέσω του συστήματος RFID, μπορούν να αξιοποιηθούν για την παρακολούθηση της επίτευξης των στόχων και τον εντοπισμό πιθανών αποκλίσεων

(β) Παρακολούθηση της χρήσης των κάδων

Η ανάλυση της συχνότητας χρήσης των κάδων παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του δικτύου συλλογής. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες οι οποίες θα αξιοποιηθούν για την αναθεώρηση της χωροθέτησης των κάδων, την προσαρμογή της συχνότητας αποκομιδής και τη βελτίωση της εξυπηρέτησης των πολιτών.

(γ) Αξιολόγηση του οικονομικού μοντέλου

Η λειτουργία του προτεινόμενου οικονομικού μοντέλου θα πρέπει να αξιολογείται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να διασφαλίζεται η διαφάνεια και η δίκαιη κατανομή των δημοτικών τελών. Η αξιολόγηση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε αναπροσαρμογή των παραμέτρων χρέωσης, εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο από τα πραγματικά δεδομένα λειτουργίας του συστήματος.

(δ) Βελτιστοποίηση της αποκομιδής

Τα δεδομένα που συλλέγονται θα μπορούν να οδηγήσουν στη βελτιστοποίηση των δρομολογίων αποκομιδής και την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του διαθέσιμου στόλου. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να περιοριστούν οι άσκοπες μετακινήσεις των απορριμματοφόρων, να μειωθεί η κατανάλωση καυσίμων και να βελτιωθεί η συνολική αποδοτικότητα της υπηρεσίας καθαριότητας.

(ε) Συνεχής ενημέρωση και συμμετοχή των πολιτών

Η συμμετοχή των πολιτών προϋποθέτει συνεχή ενημέρωση σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος και τα οφέλη του. Παράλληλα, η καταγραφή παρατηρήσεων και προτάσεων από τους χρήστες μπορεί να συμβάλει στην έγκαιρη αντιμετώπιση προβλημάτων και στη συνεχή βελτίωση της εφαρμογής. Τέλος τα οικονομικά κίνητρα θα πρέπει να είναι άμεσα και απτά για να μπορέσει να προκαλέσει το άμεσο ενδιαφέρον του πολίτη.

5.4 Οικονομοτεχνική αποτίμηση της πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID στο Δήμο Ζωγράφου

Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιείται η οικονομοτεχνική εκτίμηση της προτεινόμενης πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID στον Δήμο Ζωγράφου. Με βάση τον τεχνικό σχεδιασμό που προηγήθηκε, προσδιορίζονται οι βασικές παραδοχές και η κλίμακα της πιλοτικής εφαρμογής, εκτιμάται το αρχικό και το ετήσιο λειτουργικό κόστος του συστήματος και εξετάζεται η ενδεικτική εξέλιξη βασικών δεικτών σε χρονικό ορίζοντα πέντε ετών. Τέλος, πραγματοποιείται εκτίμηση του προτεινόμενου μηχανισμού μεταβλητής χρέωσης με βάση την προκαθορισμένη ογκομετρική μονάδα απόρριψης.

5.4.1 Βασικές παραδοχές και διαστασιολόγηση της πιλοτικής εφαρμογής

Για την οικονομοτεχνική εκτίμηση του προτεινόμενου συστήματος θεωρείται πιλοτική εφαρμογή σε περίπου 1.000 νοικοκυριά του Δήμου Ζωγράφου. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία του Δήμου, τα 1.000 νοικοκυριά αντιστοιχούν περίπου στο 2,83% του συνόλου των 35.331 νοικοκυριών. Εφαρμόζοντας το ίδιο ποσοστό στον συνολικό πληθυσμό των 69.874 κατοίκων, ο εκτιμώμενος πληθυσμός της πιλοτικής περιοχής υπολογίζεται σε περίπου 1.977 κατοίκους.

Για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού κάδων χρησιμοποιείται η υφιστάμενη αναλογία νοικοκυριών ανά κάδο σύμμεικτων αποβλήτων στον Δήμο. Με 35.331 νοικοκυριά και 1.600 υφιστάμενους κάδους σύμμεικτων, προκύπτει αναλογία περίπου 22 νοικοκυριών

ανά κάδο. Κατά συνέπεια, για την εξυπηρέτηση 1.000 νοικοκυριών εκτιμάται ότι απαιτούνται περίπου 45 κάδοι, οι οποίοι προβλέπεται να αναβαθμιστούν με το προτεινόμενο σύστημα ελεγχόμενης πρόσβασης και ογκομετρικής απόρριψης. Ο αριθμός αυτός αποτελεί παραδοχή σχεδιασμού και σε πραγματική εφαρμογή θα πρέπει να επιβεβαιωθεί μέσω επιτόπιας καταγραφής και χωροθέτησης των κάδων.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης υιοθετείται ως βασική παραδοχή ογκομετρική μονάδα απόρριψης ονομαστικής χωρητικότητας 30 L ανά χρήση. Η συγκεκριμένη χωρητικότητα βρίσκεται εντός του εύρους που συναντάται σε αντίστοιχες εφαρμογές συστημάτων ΠΟΠ με ελεγχόμενη πρόσβαση και επιλέγεται ως αντιπροσωπευτική τιμή για την εξειδίκευση και την οικονομοτεχνική αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος.

Κάθε ολοκληρωμένη χρήση του συστήματος αντιστοιχεί επομένως σε μία ονομαστική ογκομετρική μονάδα 30 L και ο συνολικός καταγεγραμμένος όγκος ανά χρήστη και περίοδο χρέωσης προκύπτει από τον αριθμό των καταγεγραμμένων χρήσεων επί 30 L. Η προσέγγιση αυτή δεν αποτελεί μέτρηση του πραγματικού βάρους ή του πραγματικού όγκου κάθε σακούλας, αλλά ογκομετρική καταγραφή βάσει προκαθορισμένης μονάδας απόρριψης.

Για την εκτίμηση των ποσοτήτων αποβλήτων της πιλοτικής εφαρμογής χρησιμοποιούνται ως βάση τα διαθέσιμα στοιχεία του Δήμου Ζωγράφου. Η ετήσια ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων του Δήμου ανέρχεται σε **24.395,91 t**. Θεωρώντας ότι η πιλοτική περιοχή ακολουθεί την ίδια μέση παραγωγή αποβλήτων με το σύνολο του Δήμου και εφαρμόζοντας το ποσοστό συμμετοχής **2,83%**, η αρχική ετήσια ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων της πιλοτικής εφαρμογής εκτιμάται σε περίπου **690,40 t/έτος**. Η τιμή αυτή αποτελεί αναλογική εκτίμηση και όχι πραγματική μέτρηση της επιλεγμένης πιλοτικής περιοχής.

Για τη μετατροπή της εκτιμώμενης ποσότητας σύμμεικτων αποβλήτων σε ονομαστικό αριθμό χρήσεων της μονάδας των 30 L απαιτείται επιπλέον παραδοχή για τη φαινόμενη πυκνότητα των σύμμεικτων αποβλήτων. Στην παρούσα μελέτη υιοθετείται τιμή **110 kg/m³**, η οποία αντιστοιχεί στο κατώτερο όριο του εύρους 110–118 kg/m³ που αναφέρεται στο Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων του Δήμου Δάφνης-Υμηττού. (Δήμος Δάφνης-Υμηττού, 2017) Η τιμή χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως παραδοχή υπολογισμού για την εξειδίκευση του εξεταζόμενου σεναρίου.

Πίνακας 20- Βασικές παραδοχές και διαστασιολόγηση της πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID

Κατηγορία	Παράμετρος	Τιμή	Μ.Μ.	Πηγή / βάση	Σχόλιο
Δήμος	Πληθυσμός	69874	άτομα	ΕΛΣΤΑΤ	
Δήμος	Νοικοκυριά	35331	νοικοκυριά	ΕΛΣΤΑΤ	
Δήμος	Παραγόμενα ΑΣΑ	25938,97	τ/έτος	ΤΣΔΑ	
Δήμος	Σύμμεικτα	24395,91	τ/έτος	ΤΣΔΑ	
Δήμος	Ανακύκλωση	1543,06	τ/έτος	ΤΣΔΑ	
Δήμος	Ποσοστό ανακύκλωσης	5,95%	%	ΤΣΔΑ	
Υποδομή	Κάδοι σύμμεικτων	1600	τεμ.	ΤΣΔΑ	Βάση πλήρους ανάπτυξης
Υποδομή	Απορριμματοφόρα	10	τεμ.	ΤΣΔΑ	
Σχεδιασμός	Ογκομετρική μονάδα ανά χρήση	30	L/χρήση	Παραδοχή μελέτης	RFID + ελεγχόμενη πρόσβαση
Σχεδιασμός	RFID κάρτες ανά νοικοκυριό	1	τεμ./νοικοκυριό	Παραδοχή μελέτης	Αρχική έκδοση
Σχεδιασμός	Ποσοστό κάδων που μετατρέπονται	2,81%	%	Παραδοχή σεναρίου	% πιλοτικής εφαρμογής σε γειτονία
Σχεδιασμός	Ποσοστό νοικοκυριών που συμμετέχουν	2,83%	%	Παραδοχή σεναρίου	% πιλοτικής εφαρμογής σε γειτονία
Σχεδιασμός	Εκτιμώμενος πληθυσμός πιλοτικής εφαρμογής	1977	άτομα	Παραδοχή σεναρίου	
Σχεδιασμός	Εκτιμώμενα σύμμεικτα πιλοτικής εφαρμογής (έτος βάσης)	690,40	τ/έτος	Παραδοχή σεναρίου	Αναγωγή των συνολικών σύμμεικτων αποβλήτων του Δήμου βάσει του ποσοστού συμμετοχής των νοικοκυριών στο pilot, με παραδοχή ίδιας μέσης παραγωγής ανά νοικοκυριό.
Σχεδιασμός	Φαινόμενη πυκνότητα σύμμεικτων	110,00	kg/m ³	Παραδοχή σεναρίου	Τιμή αναφοράς 110–118 kg/m ³ (ΤΣΔΑ Δήμου Δάφνης–Υμηττού)· υιοθετείται 110 kg/m ³
Οικονομικά	Διάρκεια ανάλυσης	5	έτη	Παραδοχή μελέτης	
Οικονομικά	Ετήσια αύξηση κόστους	0,00%	%	Παραδοχή μελέτης	Βασικό σενάριο χωρίς αναπροσαρμογή
Χρέωση	Σταθερό μέρος τέλους	60,00%	%	Υφιστάμενη παραδοχή εργασίας	
Χρέωση	Μεταβλητό μέρος τέλους	40,00%	%	Υφιστάμενη παραδοχή εργασίας	
Στόχος	Ποσοστό ανακύκλωσης στο έτος 5	12,00%	%	Σενάριο Κεφ. 5.4	

Οι παραπάνω τιμές αποτελούν τη βάση των υπολογισμών που ακολουθούν. Όπου δεν υπήρχαν διαθέσιμα πρωτογενή στοιχεία για την πιλοτική περιοχή, χρησιμοποιήθηκαν αναλογικές εκτιμήσεις ή τεκμηριωμένες παραδοχές της μελέτης, οι οποίες αναφέρονται ρητά ώστε να διακρίνονται από τα πραγματικά δεδομένα του Δήμου.

5.4.2 Εκτίμηση αρχικού και λειτουργικού κόστους

Με βάση τη διαστασιολόγηση της πιλοτικής εφαρμογής που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, πραγματοποιείται εκτίμηση του απαιτούμενου αρχικού κόστους επένδυσης (CAPEX) και του ετήσιου λειτουργικού κόστους (OPEX). Η κοστολόγηση βασίζεται, όπου υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, σε τιμές αναφοράς από αντίστοιχες εφαρμογές και δημόσιες συμβάσεις συστημάτων ΠΟΠ–RFID, προσαρμοσμένες στην κλίμακα της προτεινόμενης πιλοτικής εφαρμογής.

Για επιμέρους δαπάνες για τις οποίες δεν ήταν διαθέσιμη άμεσα συγκρίσιμη τιμή, χρησιμοποιούνται παραδοχές της παρούσας μελέτης, οι οποίες αναφέρονται ρητά.

Οι τιμές που ακολουθούν αποτελούν επομένως εκτίμηση του κόστους ενός πιθανού σεναρίου εφαρμογής και όχι οικονομική προσφορά ή πραγματικό προϋπολογισμό του Δήμου Ζωγράφου.

Αρχικό κόστος επένδυσης (CAPEX)

Το αρχικό κόστος επένδυσης περιλαμβάνει την τεχνική αναβάθμιση των υφιστάμενων κάδων σύμμεικτων αποβλήτων, την προμήθεια των καρτών RFID, τις υπηρεσίες παραμετροποίησης και υποστήριξης για την έναρξη της πιλοτικής λειτουργίας, καθώς και την αρχική ενημέρωση των συμμετεχόντων πολιτών. Επιπλέον, προβλέπεται ποσοστό 5% για την κάλυψη πιθανών απρόβλεπτων δαπανών κατά την υλοποίηση της πιλοτικής εφαρμογής.

Πίνακας 21- Εκτίμηση αρχικού κόστους (CAPEX) πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID

Αρχικό κόστος επένδυσης (CAPEX)	Ποσότητα	M.M.	Τιμή μονάδας (€)	Σύνολο (€)	Πηγή τιμής	Τεκμηρίωση	Παρατήρηση
Retrofit μονάδα κάδου: RFID + ελεγχόμενη πρόσβαση + ογκομετρικό τύμπανο 30 L, συμπεριλαμβανομένης εγκατάστασης και ενεργοποίησης	45	τεμ.	1.500,00	67.500,00		Τιμή αναφοράς βάσει AUSIR: 1.496,95 €/μονάδα, συμπεριλαμβανομένων τοποθέτησης, SIM και ενεργοποίησης συστήματος. Στρογγυλοποίηση: 1.500 €/μονάδα.	Κύριο κόστος διαμόρφωσης ανά κάδο
RFID κάρτες / αναγνωριστικά χρηστών	1000	τεμ.	4,00	4.000,00		Τιμή εκτίμησης βάσει δύο δημόσιων τιμών αναφοράς: AUSIR 2,35 €/κάρτα και Δήμος Κοζάνης 5,50 €/κάρτα. Ως τιμή μονάδας υιοθετείται ο στρογγυλοποιημένος μέσος όρος, 4,00 €/κάρτα.	1 ανά συμμετέχον νοικοκυριό
Παραμετροποίηση, πιλοτική λειτουργία & υποστήριξη	90	hr	44,96	4.046,40		Τιμή αναφοράς βάσει της Σύμβασης 107/2021 του Δήμου Βάρης–Βούλας–Βουλιαγμένης: 90 ανθρωποώρες υποστηρικτικών υπηρεσιών × 44,96 €/h, για παραμετροποίηση, πιλοτική λειτουργία, τεχνική υποστήριξη, εκπαίδευση και reporting.	η τιμή αναφοράς θα καλύπτει: παραμετροποίηση, πιλοτική λειτουργία, τεχνική υποστήριξη, εκπαίδευση και reporting.
Αρχική καμπάνια ενημέρωσης πολιτών	1977	κάτοικοι	3,00	5.931,00		Παραδοχή βάσει μελέτης βιωσιμότητας ΠΟΠ Λάρνακας, όπου για το πρώτο έτος εφαρμογής προβλέπεται κόστος ενημέρωσης 3 €/κάτοικο.	Ενημέρωση/οδηγίες χρήσης
Απρόβλεπτα	5,00%	κ.α.		4.073,87		Παραδοχή της μελέτης: 5% επί του αρχικού κόστους, για την κάλυψη πιθανών μη προβλεπόμενων δαπανών κατά την πιλοτική εφαρμογή.	
ΣΥΝΟΛΟ CAPEX (€)				85.551,27			

Για την εκτίμηση του κόστους αναβάθμισης των κάδων χρησιμοποιήθηκε ως τιμή αναφοράς αντίστοιχη εφαρμογή της AUSIR στην Περιφέρεια Friuli Venezia Giulia της Ιταλίας(Autorità Unica per i Servizi Idrici e i Rifiuti (AUSIR), n.d.), στην οποία προβλέπεται η εγκατάσταση 60 ογκομετρικών διατάξεων χωρητικότητας 30 L σε υφιστάμενους κάδους υπολειμματικών αποβλήτων, συνολικού καθαρού κόστους 89.817 €. Από την αναγωγή προκύπτει κόστος 1.496,95 € ανά μονάδα, το οποίο στην παρούσα μελέτη στρογγυλοποιείται σε 1.500 € ανά κάδο. Η τιμή περιλαμβάνει την τοποθέτηση, τη SIM και την ενεργοποίηση του συστήματος, ενώ δεν περιλαμβάνει την προμήθεια του ίδιου του κάδου.

Για τις κάρτες RFID χρησιμοποιήθηκαν δύο διαθέσιμες δημόσιες τιμές αναφοράς. Στην εφαρμογή της AUSIR προκύπτει τιμή 2,35 € ανά κάρτα, ενώ στην τελική σύμβαση του Δήμου Κοζάνης(Δήμος Κοζάνης, 2024) η αντίστοιχη τιμή ανέρχεται σε 5,50 € ανά κάρτα. Για τις ανάγκες της παρούσας εκτίμησης υιοθετείται η στρογγυλοποιημένη μέση τιμή των δύο αναφορών, ίση με 4,00 € ανά κάρτα.

Το κόστος παραμετροποίησης, πιλοτικής λειτουργίας και τεχνικής υποστήριξης εκτιμάται με βάση τη Σύμβαση 107/2021 του Δήμου Βάρης–Βούλας–Βουλιαγμένης(Δήμος Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης, 2021), στην οποία προβλέπονται 90 ανθρωπόωρες υποστηρικτικών υπηρεσιών με τιμή 44,96 €/ώρα. Στις υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνονται η παραμετροποίηση, η υποστήριξη της πιλοτικής λειτουργίας, η εκπαίδευση και η υποστήριξη του συστήματος.

Για την αρχική ενημέρωση των πολιτών χρησιμοποιείται ως βάση η μελέτη βιωσιμότητας ΠΟΠ της Λάρνακας(Νικολαΐδης, 2025), στην οποία για το πρώτο έτος εφαρμογής προβλέπεται κόστος ενημέρωσης 3 €/κάτοικο. Για τον εκτιμώμενο πληθυσμό των 1.977 κατοίκων της πιλοτικής περιοχής προκύπτει αρχικό κόστος 5.931 €.

Τέλος, επί του συνόλου των παραπάνω αρχικών δαπανών εφαρμόζεται *προσαύξηση 5% για απρόβλεπτες δαπάνες*, ως παραδοχή της παρούσας μελέτης.

Ετήσιο λειτουργικό κόστος (OPEX)

Πέραν του αρχικού κόστους επένδυσης, η λειτουργία της πιλοτικής εφαρμογής συνεπάγεται ετήσιες δαπάνες για τη συντήρηση του εξοπλισμού, τη λειτουργία της πληροφοριακής πλατφόρμας, τη συνδεσιμότητα και την τεχνική υποστήριξη, την αντικατάσταση καρτών RFID λόγω απώλειας ή φθοράς, καθώς και τη συνεχή ενημέρωση των συμμετεχόντων πολιτών. Οι δαπάνες αυτές αποτελούν το ετήσιο λειτουργικό κόστος (OPEX) του προτεινόμενου συστήματος.

Πίνακας 22- Εκτίμηση ετήσιου λειτουργικού κόστους (OPEX) πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ–RFID

Ετήσιο λειτουργικό κόστος (OPEX)	Ποσότητα	M.M.	Τιμή μονάδας (€)	Σύνολο έτους 1 (€)	Πηγή τιμής	Κατάσταση
Συντήρηση εξοπλισμού	1	έτος	3.575,00	3.575,00	Παραδοχή 5% hardware CAPEX	Αυτόματος υπολογισμός
Ετήσια λειτουργία πλατφόρμας, συνδεσιμότητα & τεχνική υποστήριξη	1	έτος	33.500,00	33.500,00		Εκτίμηση βάσει της σύμβασης ΠΟΠ του Δήμου Κοζάνης (81.500 € για υπηρεσίες SaaS και υποστήριξης διάρκειας 24 μηνών για 55 σημεία). Με αναγωγή στα 45 σημεία της πιλοτικής εφαρμογής προκύπτει κόστος περίπου 33.341 €/έτος, το οποίο στρογγυλοποιείται σε 33.500 €/έτος.
Αντικατάσταση καρτών / μικροεξοπλισμού	1	έτος	200,00	200,00		Παραδοχή ετήσιας αντικατάστασης 5% των 1.000 καρτών RFID λόγω απώλειας ή φθοράς: 50 κάρτες × 4 €/κάρτα = 200 €/έτος.
Ετήσια ενημέρωση / ευαισθητοποίηση	1	έτος	3.954,00	3.954,00		Βάσει της μελέτης ΠΟΠ Λάρνακας: από το 2ο έτος προβλέπεται κόστος ενημέρωσης 2 €/κάτοικο. Για 1.977 κατοίκους: 3.954 €/έτος.
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΗΣΙΟΥ OPEX				41.229,00		

Για τη συντήρηση του εξοπλισμού υιοθετείται, ως παραδοχή της μελέτης, ετήσιο κόστος ίσο με το 5% του αρχικού κόστους των μονάδων αναβάθμισης και των καρτών RFID. Με συνολικό αρχικό κόστος εξοπλισμού 71.500 €, το ετήσιο κόστος συντήρησης εκτιμάται σε 3.575 €.

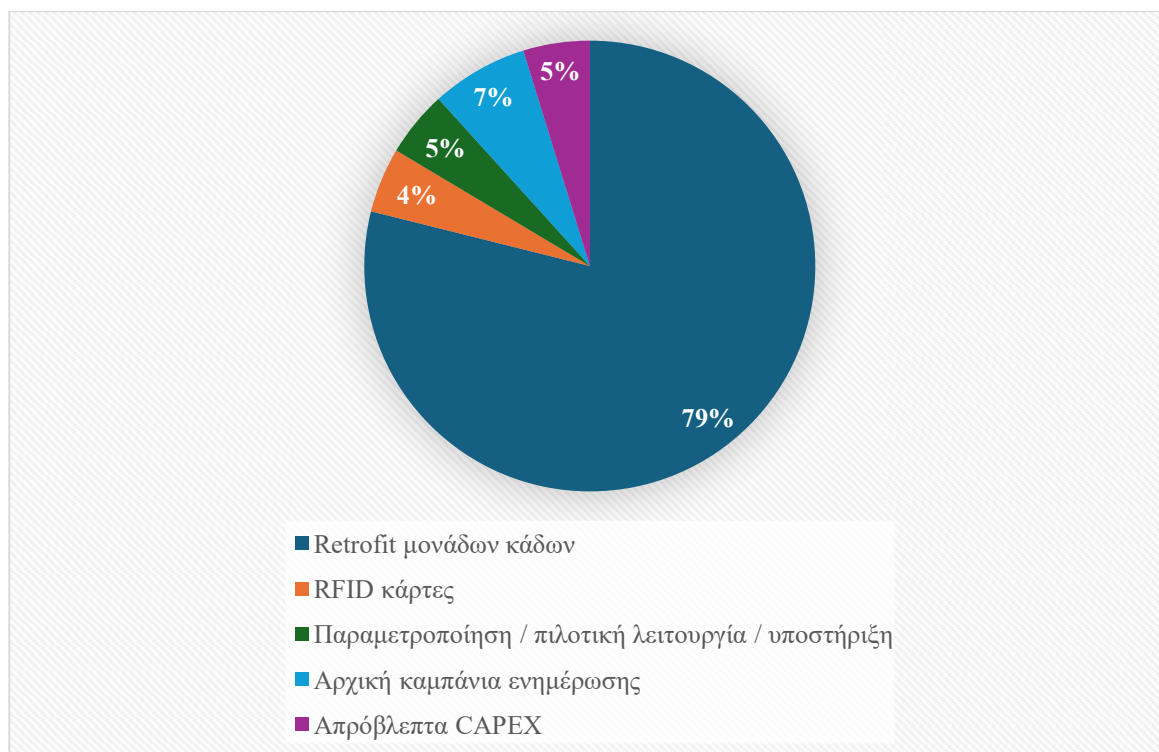
Για τη λειτουργία της πληροφοριακής πλατφόρμας, τη συνδεσιμότητα και την τεχνική υποστήριξη χρησιμοποιείται ως βάση η σύμβαση του Δήμου Κοζάνης (Νικολαΐδης, 2025), στην οποία οι αντίστοιχες υπηρεσίες SaaS και υποστήριξης για 55 σημεία και διάρκεια 24 μηνών ανέρχονται σε 81.500 €. Με αναγωγή σε ετήσια βάση και προσαρμογή στα 45 σημεία της προτεινόμενης πιλοτικής εφαρμογής προκύπτει κόστος περίπου 33.341 €/έτος, το οποίο στρογγυλοποιείται σε **33.500 €/έτος**.

Για την αντικατάσταση καρτών RFID υιοθετείται ετήσιο ποσοστό 5% λόγω πιθανής απώλειας ή φθοράς. Για 1.000 κάρτες και τιμή 4 €/κάρτα, η αντικατάσταση 50 καρτών ετησίως αντιστοιχεί σε κόστος **200 €/έτος**.

Τέλος, για τη *συνεχή ενημέρωση των πολιτών* χρησιμοποιείται ως βάση η μελέτη ΠΟΠ της Λάρνακας(Νικολαΐδης, 2025), στην οποία από το δεύτερο έτος προβλέπεται κόστος ενημέρωσης 2 €/κάτοικο. Για τους 1.977 κατοίκους της πιλοτικής περιοχής προκύπτει ετήσιο κόστος **3.954 €**. Στο πρώτο έτος δεν προστίθεται αντίστοιχη λειτουργική δαπάνη, καθώς η αρχική εκστρατεία ενημέρωσης έχει ήδη συμπεριληφθεί στο αρχικό κόστος επένδυσης (CAPEX).

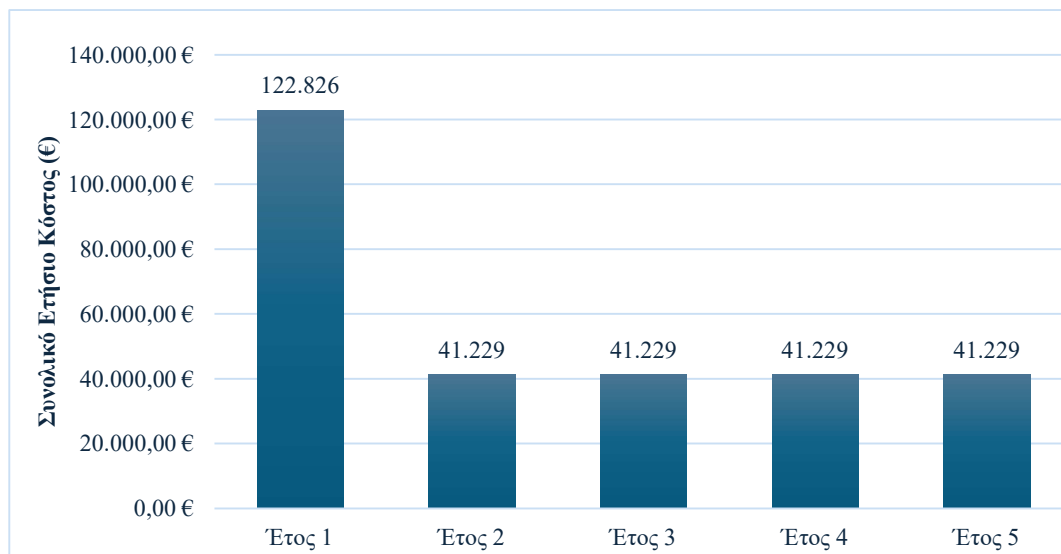
Με βάση τις παραπάνω εκτιμήσεις, το συνολικό αρχικό κόστος επένδυσης της πιλοτικής εφαρμογής ανέρχεται σε **85.551,27 €**. Το λειτουργικό κόστος εκτιμάται σε **37.275 € για το πρώτο έτος** και σε **41.229 €/έτος για τα έτη 2 έως 5**. Κατά συνέπεια, το συνολικό εκτιμώμενο κόστος της πιλοτικής εφαρμογής για χρονικό ορίζοντα πέντε ετών διαμορφώνεται σε **287.742,27 €**, συμπεριλαμβανομένου του αρχικού κόστους επένδυσης και των λειτουργικών δαπανών της πενταετίας.

Σε σχέση με την κλίμακα της πιλοτικής εφαρμογής, το αρχικό κόστος αντιστοιχεί σε περίπου **85,55 € ανά συμμετέχον νοικοκυριό** ή **43,27 € ανά κάτοικο**. Αντίστοιχα, το συνολικό κόστος της πενταετίας αντιστοιχεί σε περίπου **287,74 € ανά νοικοκυριό** ή **145,54 € ανά κάτοικο**. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την αποτύπωση της τάξης μεγέθους του κόστους της προτεινόμενης πιλοτικής εφαρμογής και δεν αποτελούν εκτίμηση οικονομικού οφέλους ή εξοικονόμησης για τον Δήμο.



Διάγραμμα 6-Κατανομή αρχικού κόστους (CAPEX) πιλοτικής εφαρμογής

Όπως προκύπτει από την κατανομή του αρχικού κόστους, το μεγαλύτερο μέρος της επένδυσης, περίπου 79%, αφορά την τεχνική αναβάθμιση των υφιστάμενων κάδων με το σύστημα RFID, ελεγχόμενης πρόσβασης και ογκομετρικής απόρριψης.



Διάγραμμα 7-Εξέλιξη ετήσιου κόστους πιλοτικής εφαρμογής

Το συνολικό κόστος είναι σημαντικά υψηλότερο κατά το πρώτο έτος λόγω της αρχικής επένδυσης σε εξοπλισμό και υπηρεσίες εγκατάστασης και ενεργοποίησης.

Από το δεύτερο έτος και μετά, το εκτιμώμενο ετήσιο κόστος σταθεροποιείται στα **41.229 €**, σύμφωνα με τις παραδοχές του εξεταζόμενου σεναρίου.

5.4.3 Εκτίμηση πενταετούς εξέλιξης της πιλοτικής εφαρμογής

Για την αξιολόγηση της πιθανής εξέλιξης της πιλοτικής εφαρμογής διαμορφώνεται ενδεικτικό σενάριο πενταετούς λειτουργίας του προτεινόμενου συστήματος ΠΟΠ–RFID. Σκοπός της εκτίμησης δεν είναι η πρόβλεψη πραγματικών μελλοντικών ποσοτήτων, αλλά η αποτύπωση της πιθανής εξέλιξης βασικών ρευμάτων αποβλήτων με βάση τις παραδοχές που υιοθετήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Ως αρχική κατάσταση της πιλοτικής εφαρμογής χρησιμοποιείται η εκτιμώμενη ετήσια ποσότητα των **690,40 t σύμμεικτων αποβλήτων**, ενώ το αρχικό ποσοστό ανακύκλωσης θεωρείται ίσο με **5,95%**, σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία του Δήμου Ζωγράφου. Η συνολική παραγωγή αποβλήτων της πιλοτικής περιοχής θεωρείται σταθερή κατά την εξεταζόμενη πενταετία και εκτιμάται σε περίπου **734,08 t/έτος**.

Επομένως, το σενάριο δεν προϋποθέτει μείωση της συνολικής παραγωγής αποβλήτων, αλλά σταδιακή μετατόπιση ποσοτήτων από το ρεύμα των σύμμεικτων προς τη χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών.

Για το πέμπτο έτος υιοθετείται ως παραδοχή ποσοστό ανακύκλωσης **12%**. Η μετάβαση από το αρχικό ποσοστό 5,95% στο 12% κατανέμεται σταδιακά στα πέντε έτη της εξεταζόμενης περιόδου, ώστε να αποτυπωθεί ένα συντηρητικό σενάριο προοδευτικής προσαρμογής στη λειτουργία του συστήματος.

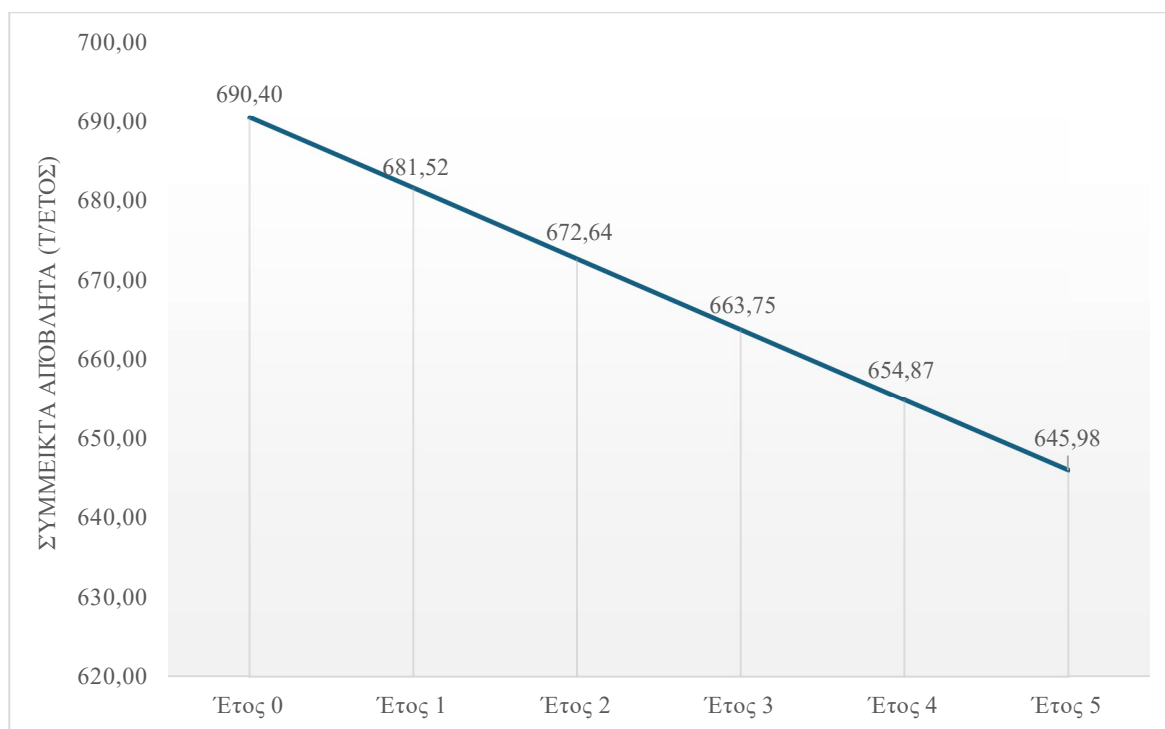
Πίνακας 23-Εκτιμώμενη πενταετής εξέλιξη της πιλοτικής εφαρμογής ΠΟΠ-RFID

Δείκτης	Έτος 0	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5
Σύμμεικτα (t)	690,40	681,52	672,64	663,75	654,87	645,98
Ποσοστό ανακύκλωσης	5,95%	7,16%	8,37%	9,58%	10,79%	12,00%
Ανακυκλώσιμα (t)	43,68	52,56	61,44	70,33	79,21	88,09
Συνολικά απόβλητα (t)	734,08	734,08	734,08	734,08	734,08	734,07

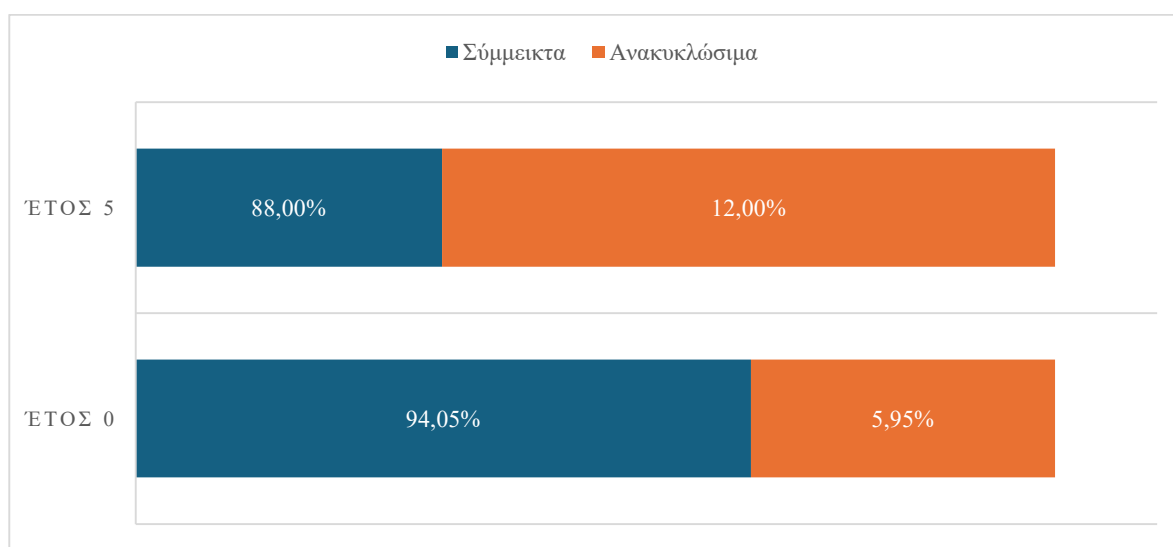
Σύμφωνα με το εξεταζόμενο σενάριο, η ποσότητα των σύμμεικτων αποβλήτων της πιλοτικής εφαρμογής εκτιμάται ότι μειώνεται σταδιακά από **690,40 t/έτος** στην αρχική κατάσταση σε **645,98 t/έτος** στο τέλος της πενταετίας. Η μεταβολή αντιστοιχεί σε μείωση περίπου **44,42 t/έτος ή 6,43%** σε σχέση με την αρχική κατάσταση.

Αντίστοιχα, η εκτιμώμενη ποσότητα των χωριστά συλλεγόμενων ανακυκλώσιμων υλικών αυξάνεται από **43,68 t/έτος** σε **88,09 t/έτος**, ενώ το ποσοστό ανακύκλωσης διαμορφώνεται σταδιακά από **5,95% σε 12,00%**. Καθώς η συνολική παραγωγή αποβλήτων θεωρείται σταθερή στο εξεταζόμενο σενάριο, η μείωση των σύμμεικτων αποτυπώνει αντίστοιχη μετατόπιση ποσοτήτων προς τη χωριστή συλλογή.

Τα παραπάνω αποτελέσματα αποτελούν εκτίμηση βάσει των παραδοχών του μοντέλου και όχι πρόβλεψη πραγματικών επιδόσεων της πιλοτικής εφαρμογής. Η πραγματική εξέλιξη των ποσοτήτων θα εξαρτηθεί από παράγοντες όπως ο βαθμός συμμετοχής των πολιτών, η ορθή χρήση του συστήματος και η αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων χωριστής συλλογής.



Διάγραμμα 8-Εκτιμώμενη εξέλιξη σύμμεικτων αποβλήτων πιλοτικής εφαρμογής



Διάγραμμα 9-Μεταβολή κατανομής αποβλήτων πιλοτικής εφαρμογής

5.4.4 Εκτίμηση μηχανισμού χρέωσης

Στην ενότητα 5.2 παρουσιάστηκε η προτεινόμενη δομή του μοντέλου χρέωσης, με διαχωρισμό του συνολικού τέλους σε σταθερό και μεταβλητό μέρος. Για τις ανάγκες της οικονομοτεχνικής εκτίμησης επιχειρείται στη συνέχεια η ενδεικτική ποσοτικοποίηση του μεταβλητού μέρους της χρέωσης για την πιλοτική εφαρμογή.

Δεδομένου ότι δεν ήταν διαθέσιμα αναλυτικά στοιχεία για το πραγματικό κόστος διαχείρισης των αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου, χρησιμοποιείται τιμή αναφοράς **190 €/t**. Η τιμή προκύπτει από στοιχεία αντίστοιχου κόστους διαχείρισης των Δήμων Καισαριανής(Δήμος Καισαριανής, 2020) και Βύρωνα(Δήμος Βύρωνα, 2021), όπου οι αντίστοιχες τιμές ανέρχονται σε 192,19 €/t και 186,40 €/t. Ο μέσος όρος των δύο τιμών είναι 189,30 €/t και για τις ανάγκες του μοντέλου στρογγυλοποιείται σε 190 €/t. Η τιμή αυτή αποτελεί αποκλειστικά παραδοχή αναφοράς για την εκτίμηση του μηχανισμού χρέωσης και **δεν αντιστοιχεί σε πραγματικό κόστος του Δήμου Ζωγράφου**.

Με βάση την εκτιμώμενη αρχική ποσότητα των **690,40 t σύμμεικτων αποβλήτων** της πιλοτικής εφαρμογής, το αντίστοιχο ετήσιο κόστος αναφοράς υπολογίζεται σε περίπου **131.177 €**. Σύμφωνα με την παραδοχή που υιοθετήθηκε στο προτεινόμενο μοντέλο, το 40% του ποσού αυτού συνδέεται με το μεταβλητό μέρος της χρέωσης, δηλαδή περίπου **52.471 €/έτος**.

Για την εκτίμηση του αριθμού των ονομαστικών χρήσεων χρησιμοποιείται η φαινόμενη πυκνότητα των σύμμεικτων αποβλήτων των **110 kg/m³** και η προκαθορισμένη ογκομετρική μονάδα των **30 L**. Με βάση τις παραδοχές αυτές, κάθε ονομαστική μονάδα των 30 L αντιστοιχεί σε περίπου **3,3 kg σύμμεικτων αποβλήτων**. Η ετήσια ποσότητα των 690,40 t αντιστοιχεί επομένως σε περίπου **209.213 ονομαστικές χρήσεις ετησίως** για το σύνολο της πιλοτικής εφαρμογής ή σε περίπου **17,43 χρήσεις ανά νοικοκυριό τον μήνα**.

Η εκτίμηση αυτή δεν αποτυπώνει πραγματική συμπεριφορά των χρηστών, αλλά αποτελεί υπολογιστική προσέγγιση που βασίζεται στην υιοθετούμενη φαινόμενη πυκνότητα και στην ονομαστική χωρητικότητα της μονάδας απόρριψης.

Πίνακας 24-Ενδεικτική εκτίμηση μεταβλητού μηχανισμού χρέωσης

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΧΡΕΩΣΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ				
Παράμετρος	Τιμή	M.M.	Παρατήρηση	Επεξηγήσεις
Ογκομετρική μονάδα	30	L/χρήση	Βασική παραδοχή σχεδιασμού	
Σταθερό μέρος	60,00%	%	Υφιστάμενη παραδοχή	
Μεταβλητό μέρος	40,00%	%	Υφιστάμενη παραδοχή	
Τιμή μεταβλητού τέλους ανά 30 L	0,25	€/χρήση		
Ενδεικτικές χρήσεις/νοικοκυριό/μήνα	17,43	χρήσεις/μήνα	Σενάριο χρήσης	"Σύμμεικτα έτος 0"× 1.000 kg/t ÷ 110 kg/m ³ ÷ 0,03 m ³ /χρήση ÷ 1.000 νοικοκυριά ÷ 12 μήνες
Συνολικές χρήσεις πιλοτικού / έτος	209.213,00	χρήσεις/έτος	Αυτόματος υπολογισμός	Χρήσεις_ανά_νοικοκυριό_ανά_μήνα*12*1000 νοικοκυριά
Ενδεικτικό μεταβλητό τέλος/μήνα	4,37	€/μήνα	Αυτόματος υπολογισμός	

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, η ενδεικτική μεταβλητή χρέωση υπολογίζεται σε περίπου **0,25 € ανά καταγεγραμμένη χρήση της ογκομετρικής μονάδας των 30 L**. Για την εκτιμώμενη μέση χρήση των 17,43 απορρίψεων ανά νοικοκυριό τον μήνα, το αντίστοιχο μεταβλητό μέρος της χρέωσης διαμορφώνεται σε περίπου **4,37 €/μήνα ανά νοικοκυριό**.

Οι παραπάνω τιμές αποτελούν αποτέλεσμα του εξεταζόμενου μοντέλου και έχουν αποκλειστικά ενδεικτικό χαρακτήρα. **Δεν αποτελούν υφιστάμενο ή προτεινόμενο θεσμοθετημένο τιμολόγιο του Δήμου Ζωγράφου**, καθώς ο καθορισμός πραγματικού τέλους ΠΟΠ θα απαιτούσε πλήρη στοιχεία για το πραγματικό κόστος διαχείρισης των αποβλήτων του Δήμου, καθώς και τις αντίστοιχες διοικητικές και κανονιστικές αποφάσεις.

Συνεπώς, η παρούσα οικονομοτεχνική εκτίμηση προσδιορίζει την τάξη μεγέθους του απαιτούμενου κόστους, την ενδεικτική πενταετή εξέλιξη και έναν πιθανό μηχανισμό μεταβλητής χρέωσης της πιλοτικής εφαρμογής. Λόγω της μη διαθεσιμότητας αναλυτικών οικονομικών στοιχείων για την υφιστάμενη διαχείριση των αποβλήτων του Δήμου

Ζωγράφου, δεν πραγματοποιείται εκτίμηση καθαρού οικονομικού οφέλους, εξοικονόμησης ή χρόνου απόσβεσης της επένδυσης.

5.5 Προϋποθέσεις και προτάσεις επιτυχούς εφαρμογής

Η επιτυχής εφαρμογή ενός συστήματος Πληρώνω Όσο Πετάω (ΠΟΠ) με τεχνολογία RFID δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τον τεχνικό σχεδιασμό ή τον προτεινόμενο μηχανισμό χρέωσης. Απαιτείται η συνδυασμένη αντιμετώπιση τεχνικών, οικονομικών, διοικητικών και κοινωνικών παραμέτρων, ώστε να διασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία και η αποδοχή του συστήματος από τους πολίτες. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι βασικές προκλήσεις εφαρμογής, καθώς και οι προϋποθέσεις που θα συμβάλουν στη μακροχρόνια επιτυχία του προτεινόμενου μοντέλου.

5.5.1 Ενημέρωση και συμμετοχή των πολιτών

Η επιτυχία του συστήματος εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ενεργό συμμετοχή των πολιτών. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η υλοποίηση οργανωμένης εκστρατείας ενημέρωσης πριν από την έναρξη της πιλοτικής εφαρμογής, με παρουσιάσεις, ενημερωτικό υλικό και κατάλληλα μέσα επικοινωνίας που θα εξηγούν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, τη χρήση της ογκομετρικής μονάδας απόρριψης και τη λογική υπολογισμού της μεταβλητής χρέωσης.

5.5.2 Τεχνική υποστήριξη

Για την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος προτείνεται η δημιουργία διαδικασίας τακτικού ελέγχου και συντήρησης του εξοπλισμού RFID, καθώς και η συνεχής τεχνική υποστήριξη του πληροφοριακού συστήματος, ώστε να διασφαλίζεται η ορθή καταγραφή των δεδομένων

5.5.3 Σταδιακή χρηματοδότηση

Δεδομένου ότι η εφαρμογή του συστήματος απαιτεί αρχική επένδυση και συνεπάγεται σταθερές ετήσιες λειτουργικές δαπάνες, προτείνεται η υλοποίησή του σε διαδοχικές φάσεις, με παράλληλη διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης εθνικών και ευρωπαϊκών χρηματοδοτικών προγραμμάτων. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στον Δήμο να αξιολογήσει τα πραγματικά τεχνικά, οικονομικά και λειτουργικά δεδομένα της πιλοτικής εφαρμογής πριν από ενδεχόμενη επέκταση του συστήματος.

5.5.4 Συνεχής αξιολόγηση

Προτείνεται η καθιέρωση ετήσιας αξιολόγησης της λειτουργίας του συστήματος με βάση δείκτες όπως το ποσοστό ανακύκλωσης, οι ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων, η συμμετοχή των πολιτών, το πραγματικό λειτουργικό κόστος και η αποτελεσματικότητα του μηχανισμού χρέωσης.

6. Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα της μελέτης

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο τη διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής ενός συστήματος «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ – PAYT) στον Δήμο Ζωγράφου, με στόχο τη διαμόρφωση ενός μοντέλου προσαρμοσμένου στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Δήμου. Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση των συστημάτων ΠΟΠ, ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων του Δήμου και αξιολόγηση εναλλακτικών μοντέλων εφαρμογής.

Μέσω της πολυκριτηριακής αξιολόγησης εξετάστηκαν τρία διαφορετικά σενάρια εφαρμογής, τα οποία συγκρίθηκαν ως προς περιβαλλοντικά, τεχνικά, οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια. Από την αξιολόγηση προέκυψε ότι το υβριδικό σύστημα ΠΟΠ με τεχνολογία RFID αποτελεί την καταλληλότερη από τις εξεταζόμενες επιλογές για τον Δήμο Ζωγράφου, καθώς συγκέντρωσε τη μεγαλύτερη συνολική βαθμολογία. Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα ταυτοποίησης των χρηστών και καταγραφής της χρήσης του συστήματος, ενώ μπορεί να εφαρμοστεί με αξιοποίηση και τεχνική αναβάθμιση της υφιστάμενης υποδομής κοινόχρηστων κάδων.

Με βάση τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, το προτεινόμενο μοντέλο εξειδικεύτηκε σε πιλοτική εφαρμογή περίπου 1.000 νοικοκυριών και 1.977 κατοίκων, με τεχνική αναβάθμιση περίπου 45 υφιστάμενων κάδων σύμμεικτων αποβλήτων. Το σύστημα βασίζεται στην ταυτοποίηση των χρηστών μέσω καρτών RFID, στην ελεγχόμενη πρόσβαση στους κάδους και στη χρήση προκαθορισμένης ογκομετρικής μονάδας απόρριψης 30 L. Η πιλοτική εφαρμογή επιτρέπει τη δοκιμή και αξιολόγηση του συστήματος σε περιορισμένη κλίμακα πριν από ενδεχόμενη επέκτασή του σε μεγαλύτερο τμήμα του Δήμου.

Ως προς τη δομή της χρέωσης, προτείνεται ο συνδυασμός σταθερού και μεταβλητού τέλους, με το μεταβλητό μέρος να συνδέεται με τον αριθμό των καταγεγραμμένων χρήσεων της ογκομετρικής μονάδας απόρριψης. Για τις ανάγκες της μελέτης υιοθετήθηκε ενδεικτική κατανομή 60% στο σταθερό και 40% στο μεταβλητό μέρος της χρέωσης.

Η οικονομοτεχνική αποτίμηση της πιλοτικής εφαρμογής έδειξε ότι το συνολικό αρχικό κόστος επένδυσης (CAPEX) εκτιμάται σε **85.551,27 €**. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος (OPEX) υπολογίζεται σε **37.275 € για το πρώτο έτος** και σε **41.229 €/έτος για τα έτη 2–5**, ενώ το συνολικό κόστος της πενταετούς εφαρμογής εκτιμάται σε **287.742,27 €**. Το μεγαλύτερο μέρος του αρχικού κόστους αφορά την τεχνική αναβάθμιση των υφιστάμενων κάδων, η οποία αποτελεί τη βασικότερη επενδυτική δαπάνη του προτεινόμενου συστήματος.

Στο ενδεικτικό σενάριο πενταετούς εξέλιξης, η ποσότητα των σύμμεικτων αποβλήτων της πιλοτικής εφαρμογής μειώνεται από **690,40 t/έτος σε 645,98 t/έτος**, που αντιστοιχεί σε μείωση περίπου **6,43%**, ενώ το ποσοστό ανακύκλωσης αυξάνεται από **5,95% σε 12,00%**. Τα αποτελέσματα αυτά δεν αποτελούν πρόβλεψη της πραγματικής μελλοντικής επίδοσης του συστήματος, αλλά αποτυπώνουν την εξέλιξη του εξεταζόμενου σεναρίου με βάση τις παραδοχές της μελέτης.

Η ενδεικτική ποσοτικοποίηση του μεταβλητού μέρους της χρέωσης οδηγεί σε τιμή περίπου **0,25 € ανά καταγεγραμμένη χρήση των 30 L** και σε μέση μεταβλητή επιβάρυνση περίπου **4,37 €/μήνα ανά νοικοκυριό**. Οι τιμές αυτές αποτελούν αποτέλεσμα του εξεταζόμενου μοντέλου και δεν συνιστούν πραγματικό ή θεσμοθετημένο τιμολόγιο του Δήμου Ζωγράφου. Συνολικά, τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το προτεινόμενο σύστημα ΠΟΠ–RFID μπορεί να αποτελέσει μία εφαρμόσιμη επιλογή για πιλοτική δοκιμή στον Δήμο Ζωγράφου. Η σταδιακή εφαρμογή του παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογηθούν στην πράξη η λειτουργία του εξοπλισμού, η συμμετοχή και η ανταπόκριση των πολιτών, η εξέλιξη των ποσοτήτων αποβλήτων και το πραγματικό λειτουργικό κόστος του συστήματος, πριν από τη λήψη απόφασης για ενδεχόμενη επέκτασή του.

6.2 Περιορισμοί της μελέτης

Η παρούσα εργασία βασίστηκε σε διαθέσιμα στοιχεία του Δήμου Ζωγράφου, σε δεδομένα από τη σχετική βιβλιογραφία και από αντίστοιχες εφαρμογές συστημάτων ΠΟΠ, καθώς και σε παραδοχές που υιοθετήθηκαν για τις ανάγκες σχεδιασμού και αξιολόγησης του προτεινόμενου συστήματος. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα της μελέτης πρέπει να εξετάζονται στο πλαίσιο των συγκεκριμένων παραδοχών και των διαθέσιμων δεδομένων.

Βασικός περιορισμός αφορά τη μη διαθεσιμότητα αναλυτικών οικονομικών στοιχείων για το πραγματικό κόστος της υφιστάμενης διαχείρισης των αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου. Η έλλειψη των στοιχείων αυτών δεν επέτρεψε την άμεση σύγκριση του εκτιμώμενου κόστους του προτεινόμενου συστήματος με το πραγματικό υφιστάμενο κόστος διαχείρισης του Δήμου. Για τον λόγο αυτό δεν υπολογίστηκαν καθαρό οικονομικό όφελος, εξοικονόμηση ή χρόνος απόσβεσης της επένδυσης. Για την ενδεικτική ποσοτικοποίηση του μηχανισμού χρέωσης χρησιμοποιήθηκε τιμή αναφοράς κόστους διαχείρισης από συγκρίσιμους δήμους, η οποία δεν αποτελεί πραγματικό κόστος του Δήμου Ζωγράφου.

Επιπλέον, η προτεινόμενη πιλοτική εφαρμογή δεν έχει υλοποιηθεί στην πράξη και επομένως δεν υπάρχουν πραγματικά δεδομένα λειτουργίας του συστήματος στον Δήμο Ζωγράφου. Η

επιλογή περίπου 1.000 νοικοκυριών, 1.977 κατοίκων και 45 κάδων, καθώς και η ογκομετρική μονάδα των 30 L, αποτελούν παραμέτρους σχεδιασμού της παρούσας μελέτης.

Η τελική διαστασιολόγηση και χωροθέτηση του εξοπλισμού θα απαιτούσαν επιτόπια καταγραφή και λεπτομερή τεχνική διερεύνηση πριν από την εφαρμογή. Αντίστοιχα, η πενταετής εξέλιξη των ποσοτήτων σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων αποβλήτων αποτελεί ενδεικτικό σενάριο που βασίζεται στις παραδοχές της μελέτης και όχι πρόβλεψη πραγματικών μελλοντικών αποτελεσμάτων.

Η πραγματική επίδραση ενός συστήματος ΠΟΠ εξαρτάται από παράγοντες όπως η συμμετοχή και η συμπεριφορά των πολιτών, η ορθή χρήση του συστήματος και η αποτελεσματικότητα της ενημέρωσης και της εφαρμογής του.

Τέλος, η πολυκριτηριακή αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων περιλαμβάνει στοιχεία αξιολογικής κρίσης, τόσο ως προς τη βαθμολόγηση των επιμέρους επιλογών όσο και ως προς τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων. Παρότι η διαδικασία εφαρμόστηκε με ενιαίο τρόπο για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια, διαφορετικές επιλογές ως προς τις βαθμολογίες ή τη στάθμιση των κριτηρίων θα μπορούσαν να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα.

6.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα εργασία διερεύνησε τη δυνατότητα εφαρμογής ενός συστήματος «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ) με τεχνολογία RFID στον Δήμο Ζωγράφου, διαμορφώνοντας ένα συγκεκριμένο σενάριο πιλοτικής εφαρμογής, μηχανισμό χρέωσης και οικονομοτεχνική αποτίμηση του προτεινόμενου συστήματος. Η περαιτέρω ανάπτυξη του αντικειμένου μπορεί να επικεντρωθεί στην εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου σε πραγματικές συνθήκες.

➤ Πιλοτική εφαρμογή

Βασική κατεύθυνση για περαιτέρω έρευνα αποτελεί η πραγματική υλοποίηση πιλοτικής εφαρμογής σε επιλεγμένη περιοχή του Δήμου Ζωγράφου. Η συλλογή πραγματικών δεδομένων σχετικά με τη χρήση των κάδων, τις ποσότητες σύμμεικτων και ανακυκλώσιμων αποβλήτων, τη συμμετοχή των πολιτών και τη λειτουργία του μηχανισμού χρέωσης θα επέτρεπε την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του προτεινόμενου μοντέλου και την αναπροσαρμογή των επιμέρους παραμέτρων του.

➤ **Οικονομική αξιολόγηση**

Η πραγματική πιλοτική εφαρμογή θα επέτρεπε επίσης την περαιτέρω οικονομική αξιολόγηση του συστήματος με βάση τα πραγματικά οικονομικά στοιχεία του Δήμου και τα πραγματικά κόστη λειτουργίας του εξοπλισμού. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσαν να εκτιμηθούν το καθαρό οικονομικό αποτέλεσμα, η πιθανή εξοικονόμηση από τη μεταβολή των ποσοτήτων αποβλήτων και ο χρόνος απόσβεσης της αρχικής επένδυσης, στοιχεία τα οποία δεν ήταν δυνατό να υπολογιστούν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

➤ **Ψηφιακές τεχνολογίες**

Η περαιτέρω διερεύνηση θα μπορούσε να εξετάσει τη συνδυαστική αξιοποίηση της τεχνολογίας RFID με αισθητήρες πληρότητας κάδων, εφαρμογές Internet of Things (IoT), συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) και εργαλεία ανάλυσης δεδομένων. Οι τεχνολογίες αυτές θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την καλύτερη παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος και τη βελτιστοποίηση της συλλογής των αποβλήτων

➤ **Εφαρμογή σε άλλους δήμους**

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε σε άλλους ελληνικούς δήμους με διαφορετικά δημογραφικά, πολεοδομικά και χωρικά χαρακτηριστικά. Η συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών εφαρμογών θα μπορούσε να συμβάλει στη διερεύνηση του βαθμού στον οποίο το προτεινόμενο μοντέλο μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικές συνθήκες και στη διαμόρφωση γενικότερων κατευθύνσεων για την εφαρμογή συστημάτων ΠΟΠ στην ελληνική τοπική αυτοδιοίκηση.

7. Βιβλιογραφία

- Asefi, H., Shahparvari, S., Chhetri, P., 2020. Advances in sustainable integrated solid waste management systems: lessons learned over the decade 2007–2018. *J. Environ. Plan. Manag.* 63, 2287–2312. <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1714562>
- Autorità Unica per i Servizi Idrici e i Rifiuti (AUSIR), n.d. Piattaforma Ambiente FVG - Sistema di raccolta con contenitori ad accesso controllato e verifica del riempimento, PNRR – M2C1.1.I1.1 – Linea A. Autorità Unica per i Servizi Idrici e i Rifiuti (AUSIR), Udine, Italia.
- Bello, A.S., Al-Ghouti, M.A., Abu-Dieyeh, M.H., 2022. Sustainable and long-term management of municipal solid waste: A review. *Bioresour. Technol. Rep.* 18, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101067>
- Dahlén, L., Lagerkvist, A., 2010. Pay as you throw: Strengths and weaknesses of weight-based billing in household waste collection systems in Sweden. *Waste Manag.* 30, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.022>
- Elia, V., Gnoni, M.G., Tornese, F., 2015. Designing Pay-As-You-Throw schemes in municipal waste management services: A holistic approach. *Waste Manag.* 44, 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.040>
- Emmanouil, C., Papadopoulou, K., Papamichael, I., Zorpas, A.A., 2022. Pay-as-You-Throw (PAYT) for Municipal Solid Waste Management in Greece: On Public Opinion and Acceptance. *Sustainability* 14, 15429. <https://doi.org/10.3390/su142215429>
- European Commission, 2012. European Commission (2012). Use of Economic Instruments and Waste Management Performances. Final Report. European Commission.
- European Environment Agency, 2025. Greece Municipal Waste Factsheet. European Environment Agency.
- Hulley, V., 2020. Waste Management. Delve Publishing, Ashland, UNITED STATES.
- Improving waste management with ISWM, n.d. URL <https://www.clocglobal.org/post/improving-waste-management-with-iswm>
- Le Pera, A., Sellaro, M., 2026. Boosting the sustainability of the municipal solid waste management through a new pricing scheme based on the pay-as-you-differentiate model. *J. Clean. Prod.* 543, 147683. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2026.147683>
- LIFE-IP CEI Greece, 2022. LIFE-IP CEI-GR_A1D6_1.0 Website Deliverable. Circular Greece.
- Makan, A., Salama, Y., Mamouni, F.Z., Makan, M., 2025. Towards Zero-Waste Cities: An Integrated and Circular Approach to Sustainable Solid Waste Management. *Sustainability* 17, 7884. <https://doi.org/10.3390/su17177884>
- Morlok, J., Schoenberger, H., Styles, D., Galvez-Martos, J.-L., Zeschmar-Lahl, B., 2017. The Impact of Pay-As-You-Throw Schemes on Municipal Solid Waste Management: The Exemplar Case of the County of Aschaffenburg, Germany. *Resources* 6, 8. <https://doi.org/10.3390/resources6010008>
- OECD, 2024. Household Waste Practices and Policy Instruments. OECD Publishing.
- OECD, 2018. OECD Environmental Performance Reviews: Czech Republic 2018. OECD Publishing, Paris, FRANCE.
- Pires, A., Martinho, G., 2019. Waste hierarchy index for circular economy in waste management. *Waste Manag.* 95, 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.014>
- Vesmaş, D.-M., Dragomir, A.N., Bayraktar, D., Morari (Bayraktar), A., 2026. Integrating PAYT and Emerging Technologies for Smart Waste Management: Towards a Circular Economy Framework. *Sustainability* 18, 3510. <https://doi.org/10.3390/su18073510>
- Yu, L., Chen, S., Tan, Z., 2024. Analysis of Solid Waste Treatment and Management in Typical Chinese Industrial Parks with the Goal of Sustainable Development and Future Suggestions. *Sustainability* 16, 6731. <https://doi.org/10.3390/su16166731>
- Zero Waste Europe, 2023. The Winning Formula for Cities. Zero Waste Europe.

- Δήμος Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης, 2021. Συμφωνητικό: Προμήθεια ευφυών συστημάτων αποκομιδής απορριμμάτων για την εφαρμογή του προγράμματος «Πληρώνω Όσο Πετάω». Δήμος Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης, Βούλα.
- Δήμος Βύρωνα, 2021. Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Δήμου Βύρωνα. Δήμος Βύρωνα.
- Δήμος Δάφνης-Υμηττού, 2017. Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Δήμου Δάφνης-Υμηττού. Δήμος Δάφνης-Υμηττού, Αθήνα.
- Δήμος Καισαριανής, 2020. Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Δήμου Καισαριανής. Δήμος Καισαριανής.
- Δήμος Κοζάνης, 2024. Απόφαση 615/2024: Κατακύρωση για την προμήθεια και εγκατάσταση εξοπλισμού για τη δημιουργία συστήματος Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ) απορριμμάτων, για την πιλοτική εφαρμογή προγραμμάτων «Πληρώνω Όσο Πετάω» (ΠΟΠ). Δήμος Κοζάνης, Κοζάνη.
- ΕΔΣΝΑ, 2021. Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Δήμου Ζωγράφου. Ειδικός Διαβαθμικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής.
- Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), 2020. Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) 2020-2030. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.
- Καραγιαννίδης, Α., Ξηρογιαννοπούλου, Α., Μουσιόπουλος, Ν., 2002. Πλαίσιο Σχεδιασμού και Ανάλυση Περιπτώσεων Εφαρμογής για Συστήματα Μεταβλητής Χρέωσης των Υπηρεσιών Αποκομιδής Αστικών Απορριμμάτων. Τεχνικά Χρονικά Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ IV.
- Νικολαΐδης, Π., 2025. Τελική Μελέτη Βιωσιμότητας για την εγκαθίδρυση συστήματος διαλογής στην πηγή και χωριστής συλλογής ανακυκλώσιμων και οργανικών/βιολογικών αποβλήτων και εφαρμογή συστήματος «Πληρώνω Όσο Πετώ (ΠΟΠ)» με προπληρωμένη σακούλα για την περιοχή του Νέου Δήμου Λάρνακας (Λάρνακα, Λιβάδια, Βορόκληνη) (Τελική Μελέτη Βιωσιμότητας). Δήμος Λάρνακας.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2025. LIFE-IP CEI-Greece: Εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας στην Ελλάδα [WWW Document]. URL <https://ypen.gov.gr/life-ip-cei-greece-efarmogi-tis-kyklikis-oikonomias-stin-ellada/>