



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Διαχείριση Αποβλήτων

Διπλωματική Εργασία

«Smart bins - Ανάπτυξη έξυπνης εφαρμογής για την βελτιστοποίηση της διαχείρισης αστικών αποβλήτων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στο αστικό περιβάλλον»

Καραγιάννη Ευαγγελία

Επιβλέπων καθηγητής: Στεφανάκης Αλέξανδρος

Πάτρα, «Ιούλιος» «2021»

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2017

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.

«Smart bins - Ανάπτυξη έξυπνης εφαρμογής για την βελτιστοποίηση της διαχείρισης αστικών αποβλήτων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στο αστικό περιβάλλον»

Καραγιάννη Ευαγγελία

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

«Στεφανάκης Αλέξανδρος»

«Επίκουρος καθηγητής Σχολής Χημικών
Μηχανικών & Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνείου Κρήτης»

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

«Μαλαμάκης Απόστολος»

«Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης»

Πάτρα, «Ιούλιος» «2021»

«Καραγιάννη Ευαγγελία», «Smart bins - Ανάπτυξη έξυπνης εφαρμογής για την βελτιστοποίηση της διαχείρισης αστικών αποβλήτων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στο αστικό περιβάλλον»

«Αφιερωμένο σε όσους με στήριξαν και με πίστεψαν»

Περίληψη

Η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) είναι μια πολύπλευρη δραστηριότητα που περιλαμβάνει την αποκομιδή - συλλογή, τη μεταφορά, την επεξεργασία, τον διαχωρισμό, την αποθήκευση, την ανάκτηση και τέλος τη διάθεση των συλλεγόμενων παραγόμενων προϊόντων.

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας έξυπνης εφαρμογής (smart application) για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης ΑΣΑ με στόχο την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στο αστικό περιβάλλον. Η εν λόγω εφαρμογή θα αποτελέσει μια ολοκληρωμένη λύση διαχείρισης – συλλογής των ΑΣΑ (σύμμεικτων & ανακυκλώσιμων), χρησιμοποιώντας σύγχρονη τεχνολογία στο πεδίο του «Διαδικτύου των Πραγμάτων» (Internet of Things - IoT) και λογισμικό (Software) που βασίζεται σε υπηρεσίες «σύννεφου» (Cloud) για την παρακολούθηση (monitoring), μέτρηση (measuring) και διαχείριση (management) των ΑΣΑ.

Τα στοιχεία καινοτομίας στην παρούσα εργασία και πιο συγκεκριμένα στην προτεινόμενη εφαρμογή εντοπίζονται στη χρήση τεχνολογιών αιχμής, όπως είναι το (IoT) και οι υπηρεσίες Cloud σε έναν περιβαλλοντικό τομέα, τη διαχείριση των ΑΣΑ, που αποτελεί σημαντικό και αναδυόμενο τομέα καινοτομίας. Η σχεδίαση και η υλοποίηση της εφαρμογής, εστιάζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες:

1) Ανάλυση Μεγάλου Όγκου Δεδομένων (Big Data) – Μελλοντική Πρόβλεψη

Ο πρώτος πυλώνας συνδυάζει τη συλλογή και αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων που σχετίζονται με την παραγωγή αστικών αποβλήτων που ως στόχο θα έχουν την μελλοντική χρήση - πρόβλεψη αναφορικά με την βελτιστοποίηση των διαδρομών των απορριμματοφόρων περισυλλογής απορριμμάτων, τον ορθολογικότερο χειρισμό και παρακολούθηση των διαθέσιμων πόρων (ανθρώπινο δυναμικό, διαθέσιμο εξοπλισμό κ.α.) καθώς επίσης τη δυνατότητα παράλληλης αξιοποίησης και χρήσης των δεδομένων από άλλους φορείς, δημόσιους ή ιδιωτικούς (Open API).

2) Παρακολούθηση και μέτρηση σε πραγματικό χρόνο (Real time monitoring – metering)

Ο δεύτερος πυλώνας επικεντρώνεται στη συνεχή παρακολούθηση και μέτρηση των παραγόμενων ΑΣΑ σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό θα δίνεται η δυνατότητα για:

1. Εποπτεία κατάστασης κάδων σε πραγματικό χρόνο,
2. Πληροφόρηση του παραγομένου όγκου απορριμμάτων,
3. Παρακολούθηση του στόλου περισυλλογής (Asset - Fleet Management),
4. Διαχείριση και έλεγχο ανάλογα με την εποχικότητα (θερινοί – χειμερινοί μήνες),
5. Στατιστική ανάλυση και αναφορές,
6. Ενημέρωση του πολίτη για τα δεδομένα των κάδων – απορριμμάτων που τον αφορούν.

3) Καλύτερο οικολογικό αποτύπωμα – Στοχευμένη τιμολογιακή πολιτική

Το οικολογικό αποτύπωμα είναι η ατομική ευθύνη της κάθε μοναδικής ανθρώπινης οντότητας ως αποτέλεσμα των επιλογών της, ως προς την κατανάλωση υλικών αγαθών τόσο στο παρελθόν όσο και στο μέλλον. Αναφορικά με την εφαρμογή της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, η συνεισφορά της στο οικολογικό αποτύπωμα εντοπίζεται στην έγκαιρη περισυλλογή των αστικών απορριμμάτων, στην ορθή διαχείριση και εποπτεία των πλαστικών κάδων (καθαρισμός, έλεγχος λειτουργικής κατάστασης κ.α.) και στην εκπαίδευση και ενημέρωση των πολιτών.

Επιπλέον, ιδιαίτερα σημαντική είναι και η εφαρμογή στοχευμένης τιμολογιακής πολιτικής συγκριτικά με την ποσότητα παραγωγής ΑΣΑ έχοντας ως γνώμονα το οικολογικό αποτύπωμα, όπως αυτό παρουσιάστηκε παραπάνω. Φορείς όπως ο Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦΟΔΣΑ) και οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), θα μπορούν να έχουν πλήρη απεικόνιση των εισφορών των δημοτών, των επιχειρήσεων, των οργανισμών κ.λπ. με στόχο την ορθολογικότερη διαχείριση των προϋπολογισμών τους.

Στο 1^ο κεφάλαιο θα μελετηθεί η έννοια της Κυκλικής οικονομίας καθώς επίσης και η εφαρμογή της σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, το υφιστάμενο Νομικό Πλαίσιο, και θα παρουσιαστούν οι τρέχουσες συνήθεις διαδικασίες διαχείρισης των ΑΣΑ.

Στο 2ο κεφάλαιο θα γίνει πλήρης ανάλυση της εφαρμογής και των δυνατοτήτων της, η ακριβής λειτουργία της, οι στόχοι που θα καλύπτονται από τη συνεχή χρήση της καθώς επίσης και το πεδίο εφαρμογής της.

Στο 3^ο κεφάλαιο θα αναλυθεί η μελέτη της εφαρμογής σε μια συγκεκριμένη περιοχή, συγκεκριμένα στο Δήμο Αμπελοκήπων-Μενεμένης Θεσσαλονίκης. Θα παρουσιαστούν τα πειραματικά δεδομένα, τα αποτελέσματα και στατιστικά στοιχεία από την εφαρμογή, ενώ θα εξετασθούν και προτάσεις βελτίωσης.

Στο 4^ο κεφάλαιο θα συνοψισθούν τα συμπεράσματα από το σχεδιασμό της εφαρμογής και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από τη μελέτη της συγκεκριμένης περιοχής που αναferθηκε στο κεφάλαιο 3, καθώς και οι προοπτικές για περαιτέρω χρήση της εφαρμογής από Δημοτικούς Οργανισμούς.

Λέξεις – Κλειδιά

Αστικά στερεά απόβλητα, Διαχείριση στερεών αποβλήτων, Κυκλική οικονομία, Έξυπνοι κάδοι, Έξυπνη εφαρμογή, Ανακύκλωση, Διαδίκτυο των πραγμάτων έξυπνος κάδος

Abstract

The management of Municipal solid waste management (MSW) is a multifaceted activity that includes the collection, transport, elaboration, separation, storage, recovery and finally disposal of the collected products.

The main objective of this work is the design and development of a smart application for optimizing the management of MSW in order to promote the circular economy in the urban environment. This application will be a complete management - collection solution of MSW (mixed & recyclable), using modern technology in the field of "Internet of Things" (IoT) and Software based on Cloud services for monitoring, metering and management of MSW.

The innovative elements in the present thesis and more specifically in the proposed PC application are found in the use of cutting-edge technologies, such as IoT and Cloud services in the field of environment and more specifically in the management of MSW where and are an important and emerging area of innovation. The design and implementation of the application, focusing on three main pillars:

1) Big Data Analysis - Future Forecast

The first pillar combines the collection and storage of large volumes of data related to the production of urban wastewater that will be aimed at future use - prediction regarding the optimization of waste collection routes, the most rational handling and monitoring of available resources (human , available equipment, etc.) as well as the possibility of parallel utilization and use of data by other companies, public or private (Open API).

2) Real time monitoring (metering)

The second pillar focuses on the continuous monitoring and measurement of municipal solid waste generated in real time. In this way it will be possible to:

1. Real-time bin condition monitoring,
2. Information about the volume of produced waste,
3. Asset fleet monitoring (Asset - Fleet Management),
4. Management and control according to seasonality (summer - winter months),
5. Statistical analysis and reports,
6. Information about the data of bins - waste that concern each citizen.

3) Improved Ecological footprint - Targeted pricing policy

The ecological footprint is the individual responsibility of each unique human entity as a result of its choices, in terms of the consumption of material goods both in the past and in the future. Regarding the implementation of this thesis, its contribution to the ecological footprint is located in the timely collection of municipal waste, in the proper management and supervision of plastic bins (cleaning, checking of operational status, etc.) and in citizens' education.

In addition, the implementation of a targeted pricing policy in relation to the amount of municipal waste production is particularly important, based on the ecological footprint, as presented above. Bodies such as the Solid Waste Management Body (FODSA) and the Local Government Organizations (Local Authorities), will be able to have a complete display of the contributions of citizens, businesses, organizations, etc. aiming at more rational management of their budgets.

In the 1st chapter will be studied the concept of circular economy as well as its implementation at European level, the legal framework and there will be a presentation of the current usual procedures for the MSW management.

In the 2nd chapter, a complete analysis of the application and its capabilities, its exact operation, the objectives that will be covered by its continuous use as well as its scope will be presented.

In the 3rd chapter will take place an analytic study of a specific area, specifically the Municipality of Ampelokipi-Menemeni Thessaloniki. Experimental data, results and statistics from the application will be presented, while suggestions for improvement will be considered.

Conclusionally, in chapter 4, we will summarize the conclusions from the design of the application and the evaluation of the results from the case study that mentioned in chapter 3, as well as the prospects for further use of the application by Municipal Organizations.

Keywords

Urban waste management, Circular economy, Smart bins, Smart PC application, Recycling, Internet of Things (IoT).

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	viii
Περιεχόμενα	x
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων	xii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xiii
1. Παραγωγή και διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων στην Ε.Ε. - Στατιστικά στοιχεία	1
1.1 Κυκλική Οικονομία	4
1.2 Περιβαλλοντική πολιτική - Νομοθετικό Πλαίσιο	8
1.2.1 Οδηγία 2008/98/EK για την διαχείριση των Αποβλήτων	9
1.2.2 Οδηγία 1999/31/EK περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων	11
1.2.3 Οδηγία 2006/12/EK περί στερεών αποβλήτων	11
1.2.4 Οδηγία 2000/76/EK για την αποτέφρωση των αποβλήτων	12
1.2.5 Οδηγία 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας...12	
1.2.6 Κανονισμός 1013/2006 (ΕΚ) σχετικά με τις μεταφορές αποβλήτων	12
1.2.7 Κανονισμός 2150/2002 (ΕΚ) σχετικά με τις στατιστικές δεδομένων	13
1.3 Συνήθεις διαδικασίες διαχείρισης των ΑΣΑ	13
1.3.1 Η διαχείριση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα	13
1.3.2 Η διαχείριση των αστικών αποβλήτων στην Ευρώπη	15
1.3.3 Παγκόσμιος Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων (Waste Atlas)	18
1.3.4 Ελληνικός Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων (Waste Atlas GR).....	18
1.4 Η Τεχνολογία στον τομέα της Διαχείρισης των ΑΣΑ – Smart applications	19
2 Υλικά και μέθοδοι.....	23
2.1 Ανάπτυξη έξυπνης εφαρμογής Smart Bins	23
2.2 Case study- Δήμο Αμπελοκήπων-Μενεμένης Θεσσαλονίκης	25
3 Εφαρμογή - Smart Bin Application	32
3.1 Δυνατότητες & Λειτουργία εφαρμογής.....	33
3.1.1 Βασικές δυνατότητες της πλατφόρμας	34
3.1.2 Σχεδίαση και hardware έξυπνης συσκευής.....	44
3.1.3 Επιτεύξιμοι στόχοι από την συνεχή χρήση της.....	51
3.2 Ποιοτικά Στοιχεία.....	52
4 Συμπεράσματα – Αξιολόγηση αποτελεσμάτων	53
Βιβλιογραφία.....	55

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Σχήμα 1. Αστικά απόβλητα που δημιουργήθηκαν, 2005-2018	4
Σχήμα 2. Γραμμική VS Κυκλική οικονομία	5
Σχήμα 3. Σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ οικονομικών, κοινωνικών, τεχνολογικών και περιβαλλοντικών διαστάσεων της αιεφορίας.....	7
Σχήμα 4. Ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων.....	10
Σχήμα 5. Παράγοντες που επηρεάζουν την Διαχείριση αποβλήτων (Μουσιόπουλος, 1999)	15
Σχήμα 6. Παγκόσμιος Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων	18
Σχήμα 7. Ελληνικός Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων	19
Σχήμα 8. Σχηματική παρουσίαση έξυπνης πόλης	20
Σχήμα 9. Όρια Δήμου Αμπελοκήπων Μενεμένης	26
Σχήμα 10. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ ανα περιφερειακή ενότητα (Πηγή Waste Atlas)	28
Σχήμα 11. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ ανα περιφερειακή ενότητα ανά κάτοικο (Πηγή Waste Atlas)	29
Σχήμα 12. Σύστημα διαλογής έξυπνων κάδων.....	32
Σχήμα 13. Περιβάλλον έναρξης έξυπνης εφαρμογής	34
Σχήμα 14. Ταμπλό σύνοψης συστήματος	35, 36
Σχήμα 15. Δεδομένα και λεπτομέρειες συστήματος ανά κάδο	37, 38
Σχήμα 16. Δεδομένα και λεπτομέρειες – Ταμπλό Διαχείρισης	38, 39, 40
Σχήμα 17. Διαχείριση χρηστών	42
Σχήμα 18. Αποτύπωση χαρτογραφικού υποβάθρου	43
Σχήμα 19. Hardware έξυπνης συσκευής	45
Σχήμα 20. Πλακετα έξυπνης συσκευής	46
Σχήμα 21. Απεικόνιση της θέσης της συσκευής και των αισθητήρων	47

Σχήμα 22. Εγκατάσταση και απεικόνιση ορθής θέσης τοποθέτησης στο πεδίο συσκευής αισθητήρα για την μέτρηση σε πραγματικό χρόνο όγκο αστικών λυμάτων, πειραματική προσέγγιση μέτρησης όγκου αστικών λυμάτων	48
Σχήμα 23. Αρχιτεκτονική εφαρμογής - αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων	50
Σχήμα 24. Σύστημα Τηλεμετρίας	51

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Κατά κεφαλή ΑΣΑ (kg) που δημιουργήθηκαν το 1995 και το 2018 στην ΕΕ, σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat	3
Πίνακας 2. Διαχείριση ΑΣΑ 2018 (Eurostat) *Για την κεφαλή παραγωγή έχει ληφθεί υπόψη ο μόνιμος πληθυσμός και όχι ο ισοδύναμος	13
Πίνακας 3. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ – Πρόβλεψη σε σχέση με τον πληθυσμό 2019 - 2030 (ΦΕΚ Α'185_29.09.2020)	27
Πίνακας 4. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ – Πρόβλεψη 2019 - 2030 (Πηγή ΕΦ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ ΤΕΥΧΟΣ Α'185_29.09.2020)	27
Πίνακας 5. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ – Πρόβλεψη 2019 - 2030 (Πηγή ΕΦ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ ΤΕΥΧΟΣ Α'185_29.09.2020)	28
Πίνακας 6. Ετήσιες ποσότητες ΑΣΑ 2014-2018 Δήμου Αμπελοκήπων Μενεμένης	29
Πίνακας 7. Κοστολόγηση υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων	31

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
IoT	Internet of Things
ΦΟΔΣΑ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΔΣΑ	Δημοτικά Στερεά Απόβλητα
ΧΥΤΑ	Χώροι Υγειονομικής Ταφής
ΚΟ	Κυκλική Οικονομία
ΣΜΑ	Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

1. Παραγωγή και διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων στην Ε.Ε. - Στατιστικά στοιχεία

Η κυκλική οικονομία στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης είναι ένας από τους σημαντικούς στόχους των σημερινών κοινωνιών. Ένα από τα μεγαλύτερα στοιχεία με τα οποία καλείται να έρθει αντιμέτωπη η εκάστοτε τοπική αρχή είναι η συλλογή ΑΣΑ. Η επιβάρυνση της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με το κόστος που προκύπτει από την διαδικασία αυτή, οδήγησε στην πρόσθετη διερεύνηση και αξιολόγηση της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων τόσο σε τοπικό όσο και σε κρατικό επίπεδο. Οι πολλά υποσχόμενες τεχνολογικές εξελίξεις σε συνδυασμό με την μελέτη της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων οδήγησαν τους ιδιωτικούς αλλά και τους δημοτικούς φορείς σε αναζήτηση βέλτιστων τρόπων συλλογής, διαχείρισης αλλά και επαναχρησιμοποίησης των ΑΣΑ.

Η παραγωγή ενέργειας από τα ΑΣΑ μειώνει την εκπομπή έως 50 εκατομμυρίων τόνων CO₂ (Levaggi L. et al., 2020), που διαφορετικά θα δημιουργούνταν με την καύση ορυκτών καυσίμων. Οι μονάδες αποτέφρωσης δημιουργούν όμως ατμοσφαιρική ρύπανση και διαχέουν υπολείμματα χημικών αποβλήτων. Επιπλέον είναι δαπανηρές στην κατασκευή τους σε σύγκριση με τους σύγχρονους ΧΥΤΑ που έχουν κατάλληλες διαδικασίες για την πρόληψη της διαρροής επιβλαβών αερίων.

Οι δύο πιο σημαντικές νομοθεσίες στην ΕΕ για τα απόβλητά είναι η οδηγία πλαίσιο 2008/98/EC Directive (Waste Framework Directive) [1] και η πρόσφατη δέσμη μέτρων για την κυκλική οικονομία (Municipal Waste Statistics) [2]. Η επεξεργασία των αποβλήτων πραγματοποιείται με τέσσερις κύριες μεθόδους: την αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας, την αποτέφρωση χωρίς ανάκτηση ενέργειας, την ανάκτηση υλικού (εξαιρουμένης της ανάκτησης ενέργειας) και την ανακύκλωση. Εναλλακτική λύση για την τελική απόρριψη των υπολλειπόμενων μη ταξινομημένων αποβλήτων είναι η υγειονομική ταφή, η βαθιά έγχυση, η επιφανειακή κατάσχεση, η μόνιμη αποθήκευση ή απελευθέρωση σε απορρίμματα.

Πίνακας 1. Κατά κεφαλή ΑΣΑ (kg) που δημιουργήθηκαν το 1995 και το 2018 στην ΕΕ, σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat.

ΧΩΡΑ	1995	2018	ΔΙΑΦΟΡΑ (%) 2018/1995
ΒΕΛΓΙΟ	455	411	-9.7
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	694	423	-39.0
ΤΣΕΧΙΑ	302	351	16.2
ΔΑΝΙΑ	521	766	47.0
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	623	615	-1.3
ΕΣΘΟΝΙΑ	371	405	9.2
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	512	:	:
ΕΛΛΑΔΑ	303	:	:
ΙΣΠΑΝΙΑ	505	475	-5.9
ΓΑΛΛΙΑ	475	527	10.9
ΚΡΟΑΤΙΑ	:	432	:
ΙΤΑΛΙΑ	454	499	9.9
ΚΥΠΡΟΣ	595	:	:
ΛΕΤΟΝΙΑ	264	407	54.2
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	426	464	8.9
ΛΟΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	587	610	3.9
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	460	381	-17.2
ΜΑΛΤΑ	387	640	65.4
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	539	511	-5.2
ΑΥΣΤΡΙΑ	537	579	32.5
ΠΟΛΩΝΙΑ	285	329	15.4
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	352	508	44.3
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	342	272	-20.5
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	596	486	-18.5
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	295	414	40.3
ΦΙΛΑΝΔΙΑ	413	551	33.4
ΣΟΥΗΔΙΑ	386	434	12.4
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	498	:	:
ΙΣΛΑΝΔΙΑ	426	:	:
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	624	739	18.4
ΕΛΒΕΤΙΑ	600	703	17.2
ΜΟΝΤΕΝΕΓΚΡΟ	:	530	:

ΒΟΡΕΙΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	:	301	:
ΑΛΒΑΝΙΑ	:	462	:
ΣΕΡΒΙΑ	:	319	:
ΤΟΥΡΚΙΑ	441	424	-3.9
ΒΟΣΝΙΑ ΕΡΖΕΓΟΒΙΝΗ	:	:	:
ΚΟΣΟΒΟ	:	:	:
(·) Τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα			

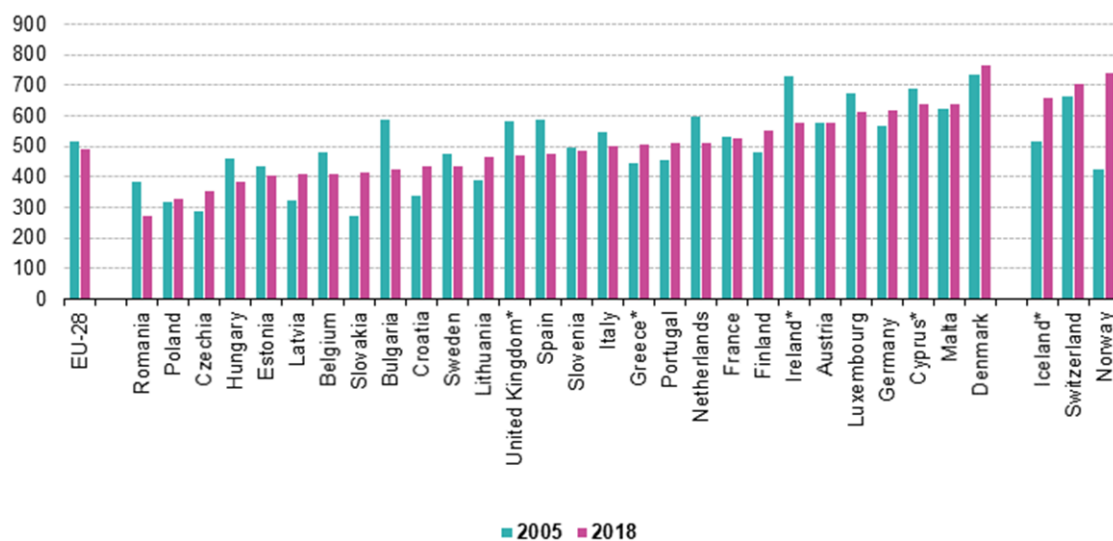
Ο Πίνακας 1 δείχνει τα κατά κεφαλή ΑΣΑ που παρήχθησαν το 1995 και το 2018 στην ΕΕ, σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat. Το 2018, παρήχθησαν 250 εκατομμύρια τόνοι Δημοτικών Στερεών Αποβλήτων (ΔΣΑ), που αντιστοιχούν περίπου στο 10% της συνολικής ποσότητας αποβλήτων που παράγονται στην ΕΕ. Κάθε άτομο παρήγαγε, κατά μέσο όρο, περίπου μισό τόνο απορριμμάτων ετησίως (470 κιλά ανά άτομο το 1995 και 488 κιλά ανά άτομο το 2018). Η υψηλότερη κατά κεφαλήν παραγωγή ΔΣΑ σημειώθηκε στη Δανία (766 kg ανά άτομο), ακολουθούμενη από την Κύπρο και τη Γερμανία. Αντίθετα, η Ρουμανία (272 kg ανά άτομο) σημείωσε τη χαμηλότερη κατά κεφαλήν παραγωγή ΔΣΑ, πριν από την Πολωνία και την Τσεχική Δημοκρατία. Υπάρχουν διαφορές στον τρόπο με τον οποίο οι χώρες συλλέγουν και διαχειρίζονται τα απόβλητα τους.

Το 2018, 247 εκατομμύρια τόνοι ΔΣΑ υποβλήθηκαν σε επεξεργασία στην ΕΕ. Από αυτά, το 23% απορρίφθηκε σε ΧΥΤΑ, το 30% στάλθηκε σε εργασίες ανάκτησης για ανακύκλωση και το 17% σε εργασίες κομποστοποίησης.

Ένα επιπλέον 47% των αποβλήτων απορρίφθηκε με αποτέφρωση, είτε απλή αποτέφρωση είτε αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας. Το Σχήμα 1 συνοψίζει την εξέλιξη των διαφορετικών επιλογών μεταξύ 1995 και 2018 (Levaggi L. et al., 2020).

Municipal waste generated, 2005 and 2018

(kg per capita)



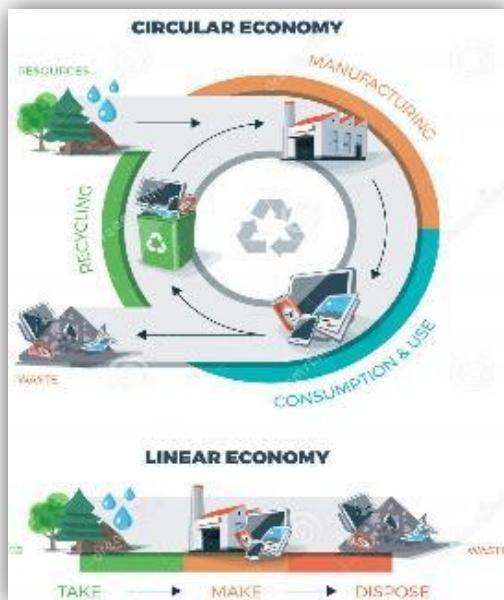
Σχήμα 1. Αστικά απόβλητα που δημιουργήθηκαν, 2005-2018.

1.1 Κυκλική Οικονομία

Αν επιδιώκαμε να δώσουμε τον όρο της εξέλιξης στην έννοια της ανακύκλωσης θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε την «κυκλική οικονομία». Βέβαια οι δύο αυτοί όροι έχουν μια ουσιαστική και καθόλου αμελητέα διαφορά. Αυτή εντοπίζεται καταρχάς στον σχεδιασμό, καθώς στην κυκλική οικονομία το προϊόν σχεδιάζεται εξ αρχής για επαναχρησιμοποίηση, σε αντίθεση με την ανακύκλωση όπου αποσυντίθεται σε πρώτες ύλες που ανακτώνται προς επαναχρησιμοποίηση στην παραγωγή νέων προϊόντων. Αποτέλεσμα αυτής της στοιχειώδους διαφοράς στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας είναι η διακοπή, σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό, της αλόγιστης εξάντλησης των πλουτοπαραγωγικών και φυσικών πόρων του πλανήτη η οποία συνεπάγεται την ρύπανση του περιβάλλοντος και εν κατακλείδι την κλιματική αλλαγή.

Το μεγαλύτερο ποσοστό πλέον των ανεπτυγμένων κρατών σχεδιάζει την αναπτυξιακή δράση και πολιτική του με γνώμονα την κυκλική οικονομία, προσδοκώντας οφέλη όπως είναι η εξοικονόμηση της ενέργειας, ο περιορισμός της ρύπανσης και η ορθολογικότερη χρήση των φυσικών πόρων, με τελικό αποδέκτη τον ίδιο τον άνθρωπο μέσω της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής (Nikolaou et al., 2021). Επιπλέον προσδίδει

οικονομικοκοινωνική ευημερία μέσω των θέσεων απασχόλησης που δημιουργεί ως πηγή ανάπτυξης και καινοτομίας (ΕΚΤ, 2019).



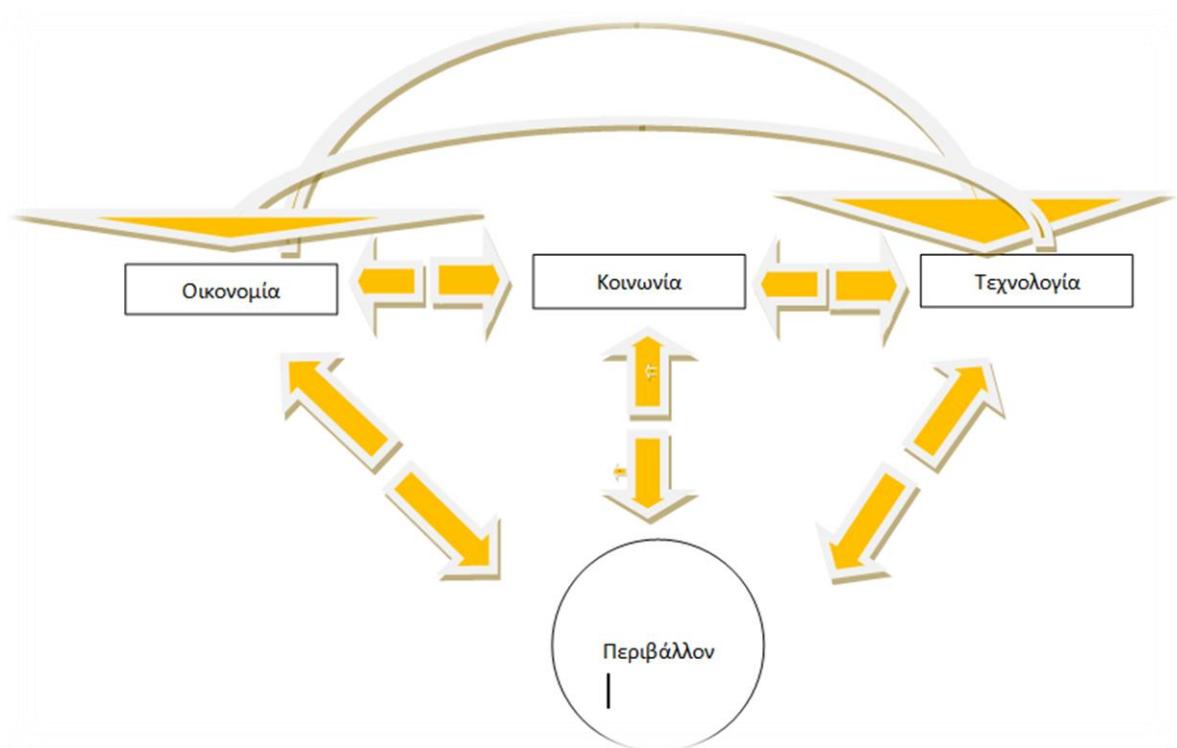
Σχήμα 2. Γραμμική VS Κυκλική οικονομία.

Η ανάγκη βελτίωσης της χρήσης των πόρων, μειώνοντας τα απόβλητα και αυξάνοντας την ανακύκλωση είναι παράγοντες που χαρακτηρίζουν κυρίως την κυκλική οικονομία. Υπό τον ευρύτερο στόχο της αειφόρου ανάπτυξης, η κυκλική οικονομία γίνεται ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία για την εξασφάλιση πόρων και για τις μελλοντικές γενιές. Επίσης, η κυκλική οικονομία είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των πόλεων και των Δήμων με καλή απόδοση στην οικονομία, τη διακυβέρνηση, αλλά και το περιβάλλον και τη ζωή.

Στην πραγματικότητα, βάσει ενός ευρύτερου οράματος για την κυκλική οικονομία, πρέπει να λάβουμε υπόψη όχι μόνο την κατανάλωση και παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, αλλά και μια πιο αποδοτική και αποτελεσματική χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό το ευρύτερο όραμα απαιτεί μια διεπιστημονική συστημική και ολιστική προσέγγιση της λειτουργίας της οικονομίας ως ολοκληρωμένου συστήματος, στο οποίο κάθε στοιχείο επηρεάζει τη λειτουργικότητα ολόκληρου του συστήματος. Πολλά έθνη προωθούν όλο και περισσότερο αυτό το όραμα συνδυάζοντας ταυτόχρονα την ανταγωνιστικότητα και την βιώσιμη αστική ανάπτυξη (Díaz, 2017).

Η κυκλική οικονομία είναι εν δυνάμει ένα οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης, για την καλύτερη διασύνδεση μεταξύ των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών διαστάσεων της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι σημαντικότερες παράμετροι αυτών των σχέσεων είναι:

- το περιβάλλον ως η φυσική πηγή που θεωρείται ο κύριος πάροχος των πόρων·
- οικονομική διαφύλαξη και εξασφάλιση ενός υγιούς περιβάλλοντος και μιας αποτελεσματικής διαδικασίας ανακύκλωσης·
- διατήρηση των ανανεώσιμων πόρων και αύξηση της χρήσης τους·
- δημιουργία και χρήση νέων τεχνολογιών με λιγότερους φυσικούς πόρους, με στόχο την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση αυτών·
- εξασφάλιση της υγείας του ανθρώπου και προστασία του περιβάλλοντος·
- διατήρηση της αυξανόμενης ανάγκης προστασίας του περιβάλλοντος·
- διατήρηση των χαρακτηριστικών του ανθρώπινου δυναμικού·
- σαφέστερη και δικαιότερη κατανομή των εσόδων μεταξύ των κοινωνιών σύμφωνα με τους μικροοικονομικούς και μακροοικονομικούς στόχους·
- προσαρμογή της επαγγελματικής δομής στις απαιτήσεις του νέου τεχνολογικού τρόπου παραγωγής·
- ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για τη βελτίωση της κοινωνικοοικονομικής ύπαρξης της μελλοντικής κοινότητας·
- παροχή τεχνολογιών σύμφωνα με τις νέες απαιτήσεις της ανακύκλωσης και της κυκλικής οικονομίας·
- επενδύσεις για νέες οικολογικές τεχνολογίες.



Σχήμα 3. Σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ οικονομικών, κοινωνικών, τεχνολογικών και περιβαλλοντικών διαστάσεων της αειφορίας (Aceleanu et al, 2019).

Χώρες όπως η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Δανία, η Νορβηγία και οι Κάτω Χώρες έχουν εφαρμόσει ειδικές πρωτοβουλίες αφιερωμένες στην ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας, βάσει πολιτικών και πιλοτικών προγραμμάτων τόσο σε κυβερνητικό όσο και σε επίπεδο επιχειρήσεων. Ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια γίνονται εντατικές προσπάθειες μετάβασης προς μια κυκλική οικονομία σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, μέσω ειδικών μέτρων και στρατηγικών όπως ανακύκλωση όλων των πλαστικών συσκευασιών, μείωση κατά 50% των απορριμμάτων τροφίμων και αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης των αστικών αποβλήτων κατά 65% έως το 2030, διαφορετικά ποσοστά ανακύκλωσης για διαφορετικές κατηγορίες αποβλήτων, χρήση όσο το δυνατό περισσότερων πρώτων υλών από ανακυκλωμένα υλικά, κλπ. Προκειμένου να παρακολουθείται η πρόοδος της μεταβατικής διαδικασίας γίνεται ανάλυση συγκεκριμένων δεικτών των τομέων παραγωγής, κατανάλωσης, διαχείρισης αποβλήτων, και δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας λόγω της ανάπτυξης της κυκλικής οικονομίας. Αυτοί οι δείκτες είναι 10 στον αριθμό και χωρίζονται στις τέσσερις ακόλουθες κατηγορίες (Aceleanu et al,

2019): (1) παραγωγή και κατανάλωση, (2) διαχείριση αποβλήτων, (3) δευτερογενείς πρώτες ύλες και (4) ανταγωνιστικότητα και καινοτομία.

Ένα από τα μεγαλύτερα στοιχεία που πρέπει να κερδηθεί κατά τη μετάβαση από την γραμμική στην κυκλική οικονομία είναι η χρηματοδότηση τόσο για τον δημόσιο όσο και για τον ιδιωτικό τομέα, η οποία περιλαμβάνει έρευνα, ανάπτυξη, επιδοτήσεις και επενδύσεις στη διαχείριση των αποβλήτων.

Το δεύτερο στοιχείο έχει να κάνει με την έλλειψη σαφούς θεσμικού πλαισίου ως προς την ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των πόρων.

Το τρίτο στοιχείο αφορά τις δεξιότητες και την ανάγκη ειδικών προγραμμάτων κατάρτισης για το υπάρχον εργατικό δυναμικό ή για την προσφορά υψηλότερων αμοιβών για την προσέλκυση εργαζομένων υψηλής ειδίκευσης.

Τέλος, ένα πλέον σημαντικό «εμπόδιο» που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η απλοποίηση του συστήματος για τη βελτίωση της πολυπλοκότητας της συμπεριφοράς των καταναλωτών (Acelandu et al, 2019).

1.2 Περιβαλλοντική πολιτική - Νομοθετικό Πλαίσιο

Η νομοθεσία της ΕΕ σχετικά με τα απόβλητα βασίζεται κυρίως στις οδηγίες, οι οποίες θέτουν τον εκάστοτε στόχο προς επίτευξη, αλλά ο τρόπος που θα επιτευχθεί ο εν λόγω στόχος επιλέγεται από κάθε κράτος μέλος χωριστά με την θέσπιση ή τροποποίηση της εθνικής νομοθεσίας για την εκπλήρωση των απαιτήσεων μιας οδηγίας. Ως εκ τούτου, η Ευρωπαϊκή Ένωση εκδίδει διαφορετικούς κανονισμούς, οδηγίες και αποφάσεις για τα απόβλητα, και όλα τα κράτη μέλη πρέπει να ενεργήσουν αναλόγως. Τεχνική βάση παρέχουν συνήθως οι αποφάσεις της ΕΕ. Τα κράτη μέλη έχουν δικαίωμα θέσπισης δικής τους νομοθεσίας, η οποία οφείλουν να είναι σύμφωνη με την ΕΕ, εφόσον κριθεί ότι ορισμένα τμήματα της νομοθεσίας για τη διαχείριση των αποβλήτων δεν διατυπώνονται ορθά από την ΕΕ (Barles, 2014).

Με την παραγωγή των αποβλήτων να ξεπερνά σήμερα τα 200 εκατομμύρια τόνους ετησίως κρίνεται απαραίτητη η βέλτιστη διαχείριση των απόβλητων με ταυτόχρονη προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Χρονικά το παγκόσμιο ενδιαφέρον για την προστασία του περιβάλλοντος εκδηλώθηκε την δεκαετία του 1970 και σε Ευρωπαϊκό

επίπεδο στη Σύνοδο κορυφής που πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι μεταξύ των κρατών μελών της ΕΟΚ. Η πρώτη δράση έλαβε χώρα το 1973-1976.

Η Συνθήκη του Μάαστριχτ, το 1993, έθεσε τις βάσεις για συντονισμένη δράση με στόχο την αειφόρο ανάπτυξη και στη συνέχεια η Συνθήκη του Άμστερνταμ, το 1997, την αναγάγει σε απόλυτη προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία του περιβάλλοντος. Εν συνεχεία, στη Συνθήκη της Λισαβόνας και συγκεκριμένα στα άρθρα 191 έως 193 γίνεται εκτενής αναφορά στο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής για πρώτη φορά. Η αειφόρος ενέργεια εισάγεται ως έννοια στο άρθρο 194.

Θεμελιώδης αρχή της Ε.Ε. στη διαχείριση των αποβλήτων είναι η πρόληψη και όταν αυτή δεν είναι εφικτή, η επαναχρησιμοποίηση και τελευταία αλλά εξίσου σημαντική η χρήση της μεθόδου της ανακύκλωσης – κομποστοποίησης με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας.

Η αποδοτική χρήση των φυσικών πόρων, η ορθή διαχείριση των αποβλήτων και η τήρηση της κείμενης νομοθεσίας (Οδηγίες, Κανονισμοί, Αποφάσεις) είναι οι πυλώνες για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης.

Οι σημαντικότερες νομοθετικές διατάξεις είναι η Οδηγία για την διαχείριση των Αποβλήτων 2008/98/ΕΚ και η Οδηγία περί ΥΤ των αποβλήτων 1999/31/ΕΚ.

Δεδομένων των συνθηκών που επικράτησαν μεταγενέστερα καθώς και του ευρύτερου σχεδίου της ΕΕ για την Κυκλική Οικονομία, νέα μέτρα και στόχοι εγκρίθηκαν από όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ τον Μάιο του 2018. Η αύξηση της αποδοτικότητας στοχοθετείται με την επίτευξη ισορροπίας και αρμονίας μεταξύ της οικονομίας, του περιβάλλοντος και της κοινωνίας (ορισμός ΚΟ), δίνοντας έμφαση στα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.

Η ανάγκη που γεννάται με απαρχή τις νέες τεχνολογίες, είναι η αναγκαστική αναθεώρηση και έγκριση νέων μέτρων, στόχων, διαδικασιών και οδηγιών ανα τακτά χρονικά διαστήματα για να μπορέσει να διασφαλισθεί η ανθρώπινη υγεία, η βιώσιμη ανάπτυξη και η προστασία του περιβάλλοντος σε όλες τις χώρες της ΕΕ (Ghisellini et al., 2018).

1.2.1 Οδηγία 2008/98/ΕΚ για την διαχείριση των Αποβλήτων

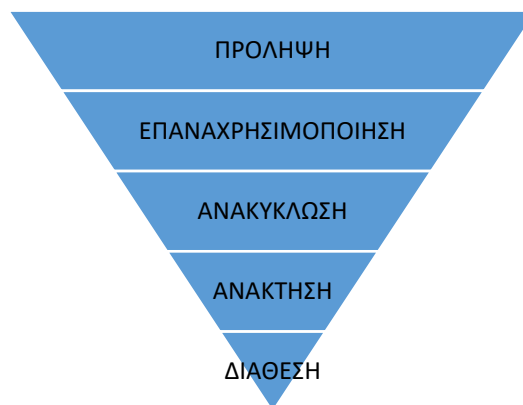
Λόγω της ασάφειας που παρατηρήθηκε στη νομοθεσία προηγούμενων ετών όσον αφορά τους Νόμους και τις Οδηγίες που είχαν δημοσιοποιηθεί για τη διαχείριση των απόβλητων, το 2008, απλοποιήθηκε η Ευρωπαϊκή Νομοθεσία με την Οδηγία για την διαχείριση των

Αποβλήτων 2008/98/ΕΚ «Οδηγία για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων Οδηγιών».

Συνοπτικά, η Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98 είναι ο γνώμονας διαχείρισης των αποβλήτων έως και σήμερα. Στην εν λόγω οδηγία γίνεται εκτενής αναφορά στην προηγούμενη νομοθεσία ενοποιώντας και αποσαφηνίζοντάς την, δίνοντας έμφαση σε λέξεις κλειδιά («απόβλητο», «ανακύκλωση», «ανάκτηση», «πρόληψη», «επεξεργασία», «βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές»). Κάνοντας υποχρεωτική την τήρηση αρχών όπως «ο ρυπαίνων πληρώνει», ουσιαστικά μεταβιβάζει την ευθύνη της πρόληψης, επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης ενέργειας στον εκάστοτε υπεύθυνο.

Αξίζει να αναφερθεί η σημαντικότητα της ιεράρχησης των απαραίτητων βημάτων (Άρθρο 4) που πρέπει να ακολουθηθούν για την ορθή διαχείριση των αποβλήτων τα οποία είναι τα εξής:

- Πρόληψη
- Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση
- Ανακύκλωση
- Άλλου είδους ανάκτηση (ενέργεια), και
- Διάθεση.



Σχήμα 4. Ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων

Με την εφαρμογή των κατάλληλων σχεδίων διαχείρισης αποβλήτων (Άρθρο 28), και των προγραμμάτων για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων (Άρθρο 29), με ταυτόχρονη συμμετοχή του κοινού (Άρθρο 31) και συνεργασία των κρατών μελών (Άρθρο 32),

επιδιώκεται η μέγιστη δυνατή πρόοδος η οποία και αξιολογείται από ελεγκτική επιτροπή εφαρμογής της οδηγίας.

Μελλοντικοί στόχοι προς επίτευξη της περιβαλλοντικής οδηγίας η επαναχρησιμοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών (π.χ. χαρτί, μέταλλο, πλαστικό, γυαλί) κατά τουλάχιστον 50% ως προς το συνολικό βάρος και η ταυτόχρονη ανάκτηση άλλων υλικών (μη επικίνδυνων κατασκευών, κατεδαφίσεων κλπ) σε ποσοστό 70% τουλάχιστον ως προς το συνολικό βάρος.

1.2.2 Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων

Είναι προφανές ότι όχι μόνο σε Ευρωπαϊκό αλλά και σε Παγκόσμιο επίπεδο, η υγειονομική ταφή (ΥΤ) των απορριμμάτων αποτελεί πλέον μια πεπερασμένη και μη βιώσιμη μέθοδο διαχείρισης των αποβλήτων. Με προτιμώμενη επιλογή την πρόληψη και έπειτα την επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και άλλες μορφές ανάκτησης, η Οδηγία περί ΥΤ των αποβλήτων, στοχεύει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (μόλυνση υδάτων, εδάφους, αέρα, φαινόμενο του Θερμοκηπίου κλπ.) αλλά και των επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου μέσω των παραπάνω.

Συνοπτικά, η Οδηγία εστιάζει στη διάκριση των χώρων ΧΥΤΑ (επικίνδυνων αποβλήτων, μη επικίνδυνων αποβλήτων, αδρανών αποβλήτων), στη μείωση της ποσότητας βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ μέσω εθνικών στρατηγικών στη διάθεση μόνο επεξεργασμένων απόβλητων στους ΧΥΤΑ, και στη δυνατότητα άρνησης αποδοχής προς ταφή επικίνδυνων αποβλήτων. Επιπλέον, σε ΧΥΤΑ μη επικίνδυνων αποβλήτων μπορούν να ταφούν τα αστικά απόβλητα. Τέλος, αναλύει τις αρμοδιότητες των εθνικών αρχών όπως η διασφάλιση της τιμής και η πληρότητα του φακέλου κατάθεσης για την χορήγηση αδείας των φορέων εκμετάλλευσης.

1.2.3 Οδηγία 2006/12/ΕΚ περί στερεών αποβλήτων

Στα πλαίσια αποσαφήνισης ορισμένων πεδίων της οδηγίας 2006/12/ΕΚ κρίθηκε απαραίτητη η αναθεώρηση της από την οδηγία της 2008/98/ΕΚ. Ουσιαστικά, ξεκαθαρίστηκαν και διευκρινίστικαν βασικές έννοιες όπως οι ορισμοί διάκρισης των αποβλήτων, η ανάκτηση, η διάθεση, και επιπλέον έγινε σαφής η ανάγκη σφαιρικής προσέγγισης του κύκλου ζωής των αποβλήτων από τη φάση της γέννησης του ως προϊόν έως την τελική του διάθεση στο περιβάλλον ως επεξεργασμένο απόβλητο ή ως

ανακυκλωμένο προϊόν. Στόχος η μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και η βέλτιστη οικονομική διαχείριση του προϊόντος – αποβλήτου, δηλαδή εν κατακλείδι η διασφάλιση των φυσικών πόρων.

1.2.4 Οδηγία 2000/76/ΕΚ για την αποτέφρωση των αποβλήτων

Η θέσπιση για τα όρια εκπομπών ορισμένων ρύπων που εκλύονται από τις μονάδες αποτέφρωσης & συναποτέφρωσης είναι το κύριο στοιχείο της εν λόγω οδηγίας. Η πρόληψη για την, όσο το δυνατό, μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων, επιτάσσει την επιβολή αυστηρών όρων σχετικά με τη λειτουργία αλλά και τις τεχνικές που χρησιμοποιεί η εκάστοτε μονάδα. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται με την απαίτηση ειδικής άδειας από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Amasoumo & Baird, 2016).

1.2.5 Οδηγία 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας

Με γνώμονα την αρχή της ευθύνης του παραγωγού, η οδηγία επιδιώκει την προστασία του περιβάλλοντος σε εθνικό επίπεδο με μέτρα για την πρόληψη, την επαναχρησιμοποίηση και την ανάκτηση των απορριμμάτων συσκευασίας. Επιπλέον, οφείλει το κάθε κράτος μέλος να εφαρμόσει μέτρα που θα αποδίδουν υψηλό επίπεδο προστασίας με ταυτόχρονη απρόσκοπτη λειτουργία της εσωτερικής αγοράς. Τέλος, απαιτείται ενδεδειγμένος έλεγχος της συσκευασίας (περιορισμός του όγκου, βάρους και επικίνδυνων ουσιών κατά τη φάση της κατασκευής) (Barles, 2014).

1.2.6 Κανονισμός 1013/2006 (ΕΚ) σχετικά με τις μεταφορές αποβλήτων

Το σύστημα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις αρχές της αυτάρκειας και της εγγύτητας των αποβλήτων για την μείωση του κινδύνου μη ελέγχου των αποβλήτων. Ο παρών κανονισμός αναφέρεται σε όλους σχεδόν τους τύπους των αποβλήτων, καθορίζοντας ένα σύστημα ελέγχου, με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας για την προστασία του περιβάλλοντος κατά την διάρκεια την μεταφοράς και όχι μόνο (Amasoumo & Baird, 2016).

1.2.7 Κανονισμός 2150/2002 (ΕΚ) σχετικά με τις στατιστικές δεδομένων

Ο κανονισμός για τις στατιστικές δεδομένων καθιστά εφικτή την συνεχή και απρόσκοπτη ενημέρωση σε επίπεδο ΕΕ, παρέχοντας δεδομένα προκειμένου να παρακολουθεί την εφαρμογή της κοινοτικής πολιτικής για την παραγωγή, ανάκτηση και διάθεση αποβλήτων (Amasoumo & Baird, 2016).

1.3 Συνήθεις διαδικασίες διαχείρισης των ΑΣΑ

1.3.1 Η διαχείριση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η διαχείριση των ΑΣΑ στηρίζεται στην ΥΤ και στη σύμμικτη συγκομιδή, γεγονός που οφείλεται στην έλλειψη ολοκληρωμένων συστημάτων και κανονισμών για την ελαχιστοποίηση - επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων πριν οδηγηθούν προς τελική διάθεση στους ΧΥΤΑ.

Παρά τον αρνητικό αντίκτυπο αλλά και οικονομικό βάρος που προκλήθηκε από τα πρόστιμα που επιβλήθηκαν στην Ελλάδα για την ύπαρξη ανεξέλεγκτων χωματερών, ενθαρρυντικό παραμένει το γεγονός ότι ακριβώς αυτά τα πρόστιμα υπήρξαν η απαρχή για την οργάνωση του συστήματος των ΑΣΑ και της παράλληλης συμμόρφωσης με την νομοθεσία της ΕΕ.

Πίνακας 2. Διαχείριση ΑΣΑ 2018 (Eurostat) *Για την κεφαλή παραγωγή έχει ληφθεί υπόψη ο μόνιμος πληθυσμός και όχι ο ισοδύναμος

2018	ΠΑΡΑΓΩΓΗ		ΚΟΜΠ/ΣΗ	ΑΝΑΚ/ΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΧΥΤΑ / ΧΥΤΥ	ΛΟΙΠΑ
	Kg/κάτοικο /έτος*	t/εκατ Ευρώ ΑΕΠ					
ΕΛΛΑΔΑ	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%

Τα στάδια που ακολουθούνται για την διαχείριση των απορριμμάτων από την παραγωγή μέχρι και την τελική τους διάθεση είναι τα εξής:

- ✓ Αρχικά γίνεται προσωρινή αποθήκευση τους, σε δύο επίπεδα: πρώτα σε επίπεδο νοικοκυριού δηλαδή μέσα στο σπίτι, και δεύτερον στο σημείο συλλογής δηλαδή στον κάδο απορριμμάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. σε πολυκατοικίες που έχουν ειδικούς διαμορφωμένους χώρους συλλογής απορριμμάτων συνήθως

στα υπόγεια τους, τα δυο προαναφερόμενα επίπεδα ταυτίζονται (Γλουστιάνου, 2017).



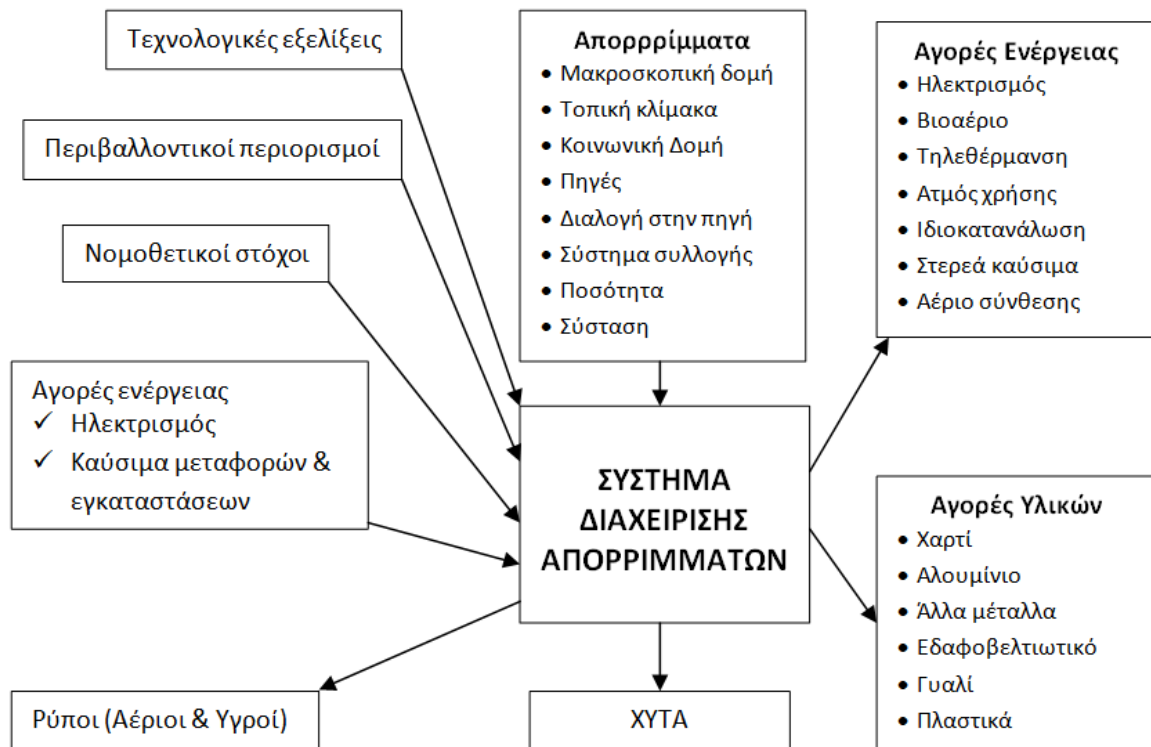
- ✓ Ακολουθεί η συλλογή – αποκομιδή - μεταφορά από το σημείο προσωρινής τους αποθήκευσης με ειδικό μέσο – όχημα μεταφοράς, για να μεταφερθούν σε σταθμό μεταφόρτωσης, θέση επεξεργασίας ή χώρο διάθεσης.



Στο σημείο αυτό εντοπίζεται και το πρώτο σημείο δυσλειτουργίας στη διαχείριση των αστικών αποβλήτων το οποίο είναι η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής καθώς επίσης και η συχνότητά της (Mwangi et al., 2014).

- ✓ Σε επόμενο βήμα συναντάται η μεταφόρτωση σε Σταθμούς Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων ΣΜΑ. Οι εγκαταστάσεις ΣΜΑ χωροθετούνται σε κομβικά σημεία για την όσο το δυνατό άμεση και απρόσκοπτη επιστροφή των απορριμματοφόρων στο προηγούμενο στάδιο της αποκομιδής. Στη συνέχεια, τα απορρίμματα μεταφέρονται σε μονάδες επεξεργασίας ή/και τελικής διάθεσης μέσω ειδικών οχημάτων μεγάλων αποστάσεων με πολλαπλάσιο ωφέλιμο φορτίο από εκείνο των απορριμματοφόρων.

Είναι σαφές ότι η διαχείριση των αποβλήτων επηρεάζεται από διάφορους εξωγενείς παράγοντες οι οποίοι παραθέτονται παρακάτω:



Σχήμα 5. Παράγοντες που επηρεάζουν την Διαχείριση αποβλήτων (Μουσιόπουλος, 1999)

1.3.2 Η διαχείριση των αστικών αποβλήτων στην Ευρώπη

«Σημαία» της ΕΕ στη διαχείριση των αποβλήτων είναι η εφαρμογή της έννοιας 4 “R” + 3“E”, όπου (Kaza et al., 2018).

“R”educe, μείωση των αποβλήτων στην πηγή τους,

“R”euse, επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων,

“R”ecycle, ανακύκλωση των αποβλήτων για νέα προϊόντα,

“R”ecovery, ανάκτηση για ενεργειακούς σκοπούς,

+

“E”ducation, εκπαίδευση, υπεύθυνη διαχείριση των αποβλήτων),

“E”limination, εξοικονόμηση-εξάλειψη του κόστους διαχείρισης και διάθεσης αποβλήτων και προϊόντων,

“E”nforcement, επιβολή εννοιών διαχείρισης αποβλήτων, νομοθεσίας.

Παρά το γεγονός ότι τα αστικά απόβλητα αντιπροσωπεύουν περίπου μόνο το 10% των συνολικών αποβλήτων που παράγονται στην ΕΕ (Eurostat, 2016), η πρόληψη αυτών των

αποβλήτων έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις όχι μόνο κατά τη φάση της κατανάλωσης αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων. Οι χώρες που έχουν αναπτύξει αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης αστικών αποβλήτων αποδίδουν καλύτερα στη συνολική διαχείριση των αποβλήτων.

Στατιστικά δεδομένα του 2014 (Eurostat, 2016) έδειξαν ότι οι πλουσιότερες χώρες τείνουν να παράγουν περισσότερα ΑΣΑ ανά άτομο. Στη Δανία και την Ελβετία η παραγωγή ΑΣΑ ανά άτομο είναι υψηλότερη ενώ στη Ρουμανία, την Πολωνία και τη Σερβία χαμηλότερη. Επίσης μεγάλο ρόλο παίζουν και οι ιδιαίτερες συνθήκες κάθε χώρας όπως π.χ. ο τουρισμός στην Κύπρο και τη Μάλτα. Ωστόσο, σκόπιμη είναι η προσεκτική ερμηνεία των δεδομένων, λόγω της ποικιλομορφίας των μεθόδων συλλογής αλλά και των ορισμών των αστικών αποβλήτων.

Ένα success story της περιβαλλοντικής πολιτικής στην Ευρώπη είναι η αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης. Το ποσοστό ανακύκλωσης το 2014 ήταν 33%, σε σύγκριση με το 23% το 2004 (Eurostat, 2016).

Σύμφωνα με τα δεδομένα, η Γερμανία, η Αυστρία, το Βέλγιο, η Ελβετία, οι Κάτω Χώρες και η Σουηδία ανακύκλωσαν τουλάχιστον το ήμισυ των αστικών αποβλήτων τους το 2014. Παρόλα αυτά, η υψηλότερη αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης μεταξύ 2004 και 2014 σημειώθηκε στη Λιθουανία, την Πολωνία, την Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Τσεχική Δημοκρατία (αύξηση 20-29 εκατοστιαίες μονάδες). Συνολικά, σε 15 από τις 32 χώρες, η αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης ήταν τουλάχιστον 10 ποσοστιαίες μονάδες κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφής η σύνδεση μεταξύ της αύξησης των ποσοστών ανακύκλωσης και της μείωσης των ποσοτήτων υγειονομικής ταφής, καθώς ο συνδυασμός ανακύκλωσης - αποτέφρωσης, και σε ορισμένες περιπτώσεις μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας είναι διεργασίες διαχείρισης αποβλήτων κυρίως από ΧΥΤΑ.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στις Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Γερμανία, Κάτω Χώρες, Νορβηγία, Σουηδία και Ελβετία, ουσιαστικά δεν αποστέλλονται τα αστικά απόβλητα σε ΧΥΤΑ ενώ στις Κύπρο, Κροατία, Ελλάδα, Λετονία, Μάλτα και Τουρκία οι ΧΥΤΑ εξακολουθούν να είναι ο πρωτεύων προορισμός απόθεσης των απορριμμάτων τους.

Οι περισσότερες χώρες έχουν αναπτύξει περισσότερα από δύο εθνικά σχέδια διαχείρισης αποβλήτων. Πολλές χώρες χρησιμοποιούν συστήματα «pay-as-you-throw» (δηλαδή τέλη βάσει του βάρους ή του όγκου των αποβλήτων ως οικονομικό κίνητρο για τα νοικοκυριά

να ανακυκλώνουν τα απόβλητά τους). Όλες οι χώρες που εμφανίζουν ποσοστά υγειονομικής ταφής πολύ κάτω από το μέσο όρο της ΕΕ-28 έχουν εφαρμόσει απαγόρευση σε συνδυασμό με φόρο υγειονομικής ταφής τουλάχιστον 30 ευρώ/τόνο.

Φυσικά και άλλοι παράγοντες συμβάλλουν στα υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης, όπως το επίπεδο του πλούτου, περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, τιμολόγια διαχείρισης αποβλήτων και αυστηρή εφαρμογή της νομοθεσίας για τη διαχείριση των αποβλήτων (EC, 2015).

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται η αποτελεσματικότητα της Smart εφαρμογής, με την σύγκριση της υπάρχουσα και της μελλοντικής κατάστασης αποκομιδή των απορριμμάτων.

THE PRESENT		THE FUTURE	
			EFFICIENCY!
	Overflowing bins, waste on the street & dissatisfied citizens?		No more overflowing bins and waste all over! Happier citizens
	Environmental pollution due to waste?		Clean cities and no more environmental pollution
	Track drivers confused and always in a rush?		Satisfied truck drivers that follow and optimized route based on directions
	Operational employees, not knowing what to do in order to increase effectiveness and decrease costs?		Happy operational employees that can take better decisions, and decrease costs based on available data

1.3.3 Παγκόσμιος Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων (Waste Atlas)

Ο παγκόσμιος άτλας διαχείρισης αποβλήτων, είναι μια δωρεάν διαδικτυακή πλατφόρμα, η οποία περιέχει δεδομένα από πολλούς και ποικίλους πόρους που αφορούν τα δημοτικών στερεά απόβλητα. Η ανάγκη ύπαρξής του γεννήθηκε για λόγους σύγκρισης και συγκριτικής αξιολόγησης. Οργανώθηκε και πραγματοποιήθηκε με τη συμβολή επιστημόνων από διάφορες χώρες και τη χρήση δημοσιευμένων δεδομένων. Τα δεδομένα που περιλαμβάνει είναι για 164 χώρες (σύνολο 1.825.463.704 τόνους / έτος ή 97% της παγκόσμιας παραγωγής αποβλήτων), 1799 Πόλεις, 1626 ΧΥΤΑ, 93 Κάμπινγκ, 130 μονάδες MBT, 78 μονάδες Βιολογικής επεξεργασίας και 716 WtE φυτά.



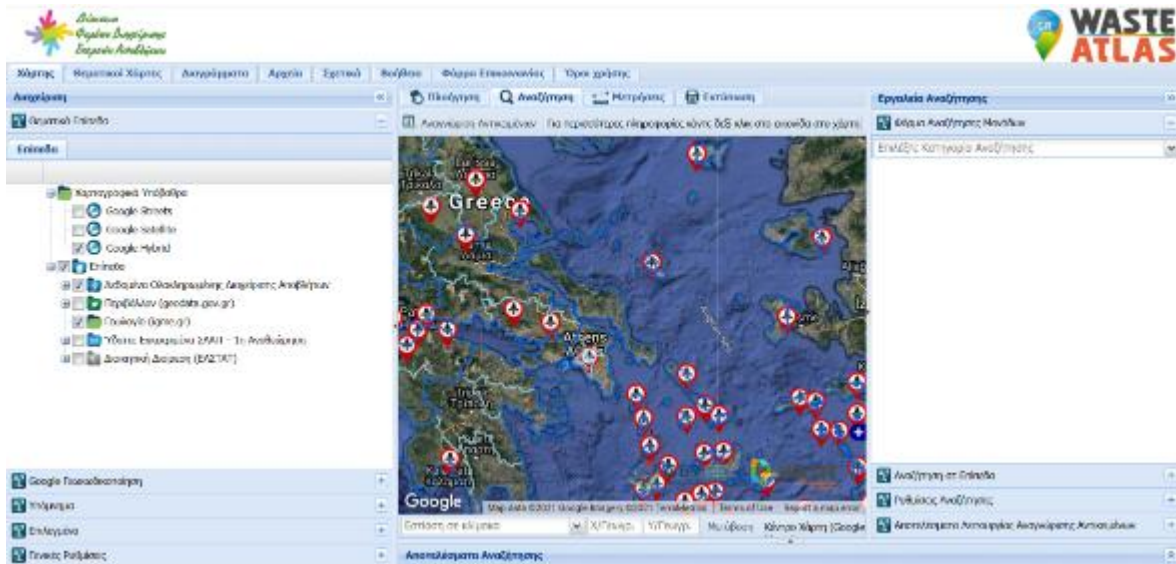
Σχήμα 6. Παγκόσμιος Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων

1.3.4 Ελληνικός Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων (Waste Atlas GR)

Ο Ελληνικός Άτλαντας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων αποτελεί την προσαρμογή σε εθνικό επίπεδο, του Παγκόσμιου Άτλαντα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. Πρόκειται για μία δωρεάν διαδικτυακή εφαρμογή, η οποία περιλαμβάνει το σύνολο της πληροφορίας σχετικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων στη χώρα.

Τα δεδομένα συλλέγονται από τους Φορείς Διαχείρισης αποβλήτων, τους εγκεκριμένους Περιφερειακούς Σχεδιασμούς Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ), την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) αλλά και διαθέσιμα δεδομένα αδειοδοτήσεων των υποδομών διαχείρισης αποβλήτων. Η εφαρμογή απεικονίζει τεχνικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά δεδομένα. Επιπλέον επιτρέπει την άντληση πληροφοριών σε διαφορετικά

υπόβαθρα καθώς και τη συγκριτική αξιολόγηση και την στατιστική επεξεργασία με εξαγωγή αναφορών και γραφημάτων.



Σχήμα 7. Ελληνικός Άτλας Διαχείρισης αποβλήτων

1.4 Η Τεχνολογία στον τομέα της Διαχείρισης των ΑΣΑ – Smart applications

Η σωστή διαχείριση και ο ορθολογικός σχεδιασμός του αστικού περιβάλλοντος και ειδικότερα των απορριμμάτων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες και ιδιαίτερα πολύπλοκες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πόλεις σήμερα. Με την χρήση του IoT, των έξυπνων αισθητήρων και των εφαρμογών διαχείρισης αποβλήτων, οι εταιρείες αυξάνουν την λειτουργική αποδοτικότητα και μειώνουν το κόστος. Δεδομένου ότι η διαδικασία συλλογής αστικών αποβλήτων είναι μια περίπλοκη διαδικασία με απαίτηση σημαντικού αριθμού πόρων, οι εταιρείες διαχείρισης αποβλήτων και οι δήμοι επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στη χρήση τεχνολογικών καινοτομιών για τη βελτίωση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας.

Η αυξανόμενη χρήση του IoT, των έξυπνων συσκευών, αισθητήρων και της συνδεσιμότητας μεταξύ μηχανών (M2M) δίνει την δυνατότητα μείωσης των εξόδων που προκύπτουν από τις αναποτελεσματικές διαδικασίες συλλογής απορριμμάτων.

Οι έξυπνες και αποδοτικές λύσεις διαχείρισης αποβλήτων που αυξάνουν τη λειτουργική αποδοτικότητα, μειώνουν το κόστος, ικανοποιούν τους πελάτες, εξοικονομούν χρόνο συνδυάζοντας την προστασία του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια την προστασία του

ίδιου του ανθρώπου και όλων των έμβιων οργανισμών, είναι εδώ, με την μορφή έξυπνων εφαρμογών στο παγκόσμιο εμπόριο.



Σχήμα 8. Σχηματική παρουσίαση έξυπνης πόλης

Ο «κινητήριος μοχλός» για την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών διαχείρισης των αποβλήτων στην Ε.Ε. αποτέλεσε από το 2008 το Σύμφωνο των Δημάρχων (EU, Covenant of Mayors for Climate & Energy). Ο Δήμος της Βαρκελώνης, μέσω του Smart City Barcelona, το 2012 ανέπτυξε smart τεχνολογίες που αφορούν εν γένει την πόλη (φωτισμό δημόσιων χώρων, στάθμευση, ενεργειακή απόδοση στα κτήρια) και φυσική smart τεχνολογία διαχείρισης των αποβλήτων (Adler, 2016). Διαθέτει αυτόματο σύστημα μεταφοράς όπου γίνεται η εναπόθεση των οικιακών αποβλήτων με υπόγεια σύνδεση των κάδων με αγωγούς αναρρόφησης κενού (με ειδικούς αισθητήρες μέτρησης όγκου) και τελική κατάληξη σε σταθμό συλλογής απορριμμάτων. Έπειτα ακολουθεί η συμπίεση και μεταφορά μέσω σφραγισμένων containers, είτε σε εργοστάσια ανακύκλωσης είτε σε ΧΥΤΑ για αποτέφρωση ή παραγωγή ενέργειας για συστήματα θέρμανσης (Ogleby, 2018). Η ιστοσελίδα της εν λόγω δράσης είναι <https://www.barcelona.cat>.

Η πόλη Santander (Σανταντέρ) στη βόρεια Ισπανία, διαθέτει, στα πλαίσια του έργου Urban Waste, πάνω από 6.000 συσκευές συνδεδεμένες με IoT, με αισθητήρες, RFID & NFC και ειδικά διαμορφωμένη εφαρμογή "Cuida Santander" η οποία παρέχει συνεχή ενημέρωση και ανανέωση δεδομένων για το επίπεδο πλήρωσης των κάδων, τις βέλτιστες διαδρομές, την ποιότητα του αέρα, το βαθμό θερμοκρασίας, το επίπεδο της υγρασίας κ.α. (Smart Cities Council Europe, Europe Staff, 2018, "How Santander, Spain is using sensors to tackle waste").

Παρόμοιες δράσεις για την προάσπιση του περιβάλλοντος, τη διατήρηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε χαμηλά επίπεδα και την εξοικονόμηση ενέργειας έχουν επιχειρηθεί και από Ελληνικούς δήμους. Ένας εξ αυτών είναι ο Δήμος Τρικκαίων. Ένας καινοτόμος και κατ' επέκταση ψηφιακός δήμος με πολλές «smart» δράσεις (αυτόματα λεωφορεία, ελεύθερη πρόσβαση στο Ίντερνετ, τηλεϊατρικές υπηρεσίες κ.α). Στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων έχει επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση των διαδρομών μέσω της διαχείρισης στόλου με την εγκατάσταση αισθητήρων με τελικό στόχο τη μείωση του κόστους κίνησης και διατήρησης των απορριμματοφόρων (Green Agenda, 2018). Ο δήμος Ιωαννίνων εφάρμοσε ένα καινοτόμο σύστημα βελτιστοποίησης της συλλογής απορριμμάτων και εξοικονόμησης πόρων και καυσίμων, με χρήση του συστήματος fleet management και on line παρακολούθησης των οχημάτων και των κάδων απορριμμάτων. (Epirus News, 2015). Ο δήμος Χανίων, ώντας τουριστικός προορισμός έχει μεγάλες διακυμάνσεις στο πληθυσμό του, γεγονός που επηρεάζει τον όγκο των απορριμμάτων. Η "Διαδημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων" (ΔΕΔΙΣΑ) εφαρμόζει πιλοτικό έργο με έξυπνους κάδους με τοποθέτηση 500 αισθητήρων σε μπλε κάδους ανακύκλωσης και σε κίτρινους κάδους συλλογής γυαλιού. Καθημερινά γίνεται η συλλογή των δεδομένων σε πραγματικούς χρόνους για το ποσοστό πληρότητας των κάδων. Τα αποτελέσματα του εν λόγω πιλοτικού περιόρισαν κατά 20% τα δρομολόγια των απορριμματοφόρων, κατά 30% το κόστος συλλογής των απορριμμάτων και κατά 10% τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (Μαυροπούλου, 2016).

Επιπροσθέτως, σε ερευνητικό επίπεδο, έχει γίνει μια αρκετά ικανοποιητική προσπάθεια δημιουργίας και παρακολούθησης τόσο έξυπνων εφαρμογών διαχείρισης αποβλήτων όσο και έξυπνων κάδων.

Μια από αυτές είναι η δημοσίευση «Smartbin: smart waste management system» στην οποία παρουσιάζεται το σύστημα Smartbin που δίνει τη δυνατότητα ενημέρωσης όσον

αφορά την πληρότητα των μικρών απορριμμάτων. Ουσιαστικά πρόκειται για σύστημα συλλογής και παράδοσης δεδομένων μέσω ασύρματου δικτύου. Με την χρήση ειδικής τεχνικής λειτουργίας επιτυγχάνεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με ταυτόχρονη μεγιστοποίηση του χρόνου λειτουργίας (Fiolanto F. et al 2015).

Παρόμοια έρευνα παρουσιάζεται στη δημοσίευση «Smart waste management using Internet-of-Things (IoT)» όπου η διαχείριση συλλογής απορριμμάτων πραγματοποιείται με ένα πρωτότυπο IoT σύστημα με αισθητήρες. Μπορεί να διαβάσει, να συλλέξει και να μεταδώσει τεράστιο όγκο δεδομένων μέσω του Διαδικτύου χρησιμοποιώντας ευφυείς και βελτιστοποιημένους αλγόριθμους. Στην εν λόγω έρευνα πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για τη διερεύνηση των πλεονεκτημάτων ενός τέτοιου συστήματος έναντι ενός παραδοσιακού στην πόλη Pune της Ινδίας μέσω Open Data (Kirshna Shyam G et al 2017).

Στη δημοσίευση «RFID-based real-time smart waste management system» περιγράφεται ένα μοντέλο RFID με αισθητήρα για το σχεδιασμό ενός συστήματος διαχείρισης αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο. Η εφαρμογή περιγράφει την αρχιτεκτονική αυτόματης αναγνώρισης του βάρους των απορριμμάτων καθώς επίσης διαθέτει σύστημα αναγνώρισης κλεμμένων κάδων (Chowdhury B. et al 2007).

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας έξυπνης εφαρμογής (smart application) για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης ΑΣΑ με στόχο την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στο αστικό περιβάλλον. Η εν λόγω εφαρμογή θα αποτελέσει μια ολοκληρωμένη λύση διαχείρισης – συλλογής των ΑΣΑ (σύμμεικτων & ανακυκλώσιμων), χρησιμοποιώντας σύγχρονη τεχνολογία στο πεδίο του «Διαδικτύου των Πραγμάτων» (Internet of Things - IoT) και λογισμικό (Software) που βασίζεται σε υπηρεσίες «σύννεφου» (Cloud) για την παρακολούθηση (monitoring), μέτρηση (measuring) και διαχείριση (management) των ΑΣΑ.

Η επίτευξη των παραπάνω είναι ρεαλιστική και άμεσα υλοποιήσιμη, με την βοήθεια της μελλοντικής πρόβλεψης μέσω Big Data (Ανάλυση Μεγάλου Όγκου Δεδομένων), Real time monitoring (Παρακολούθηση και μέτρηση σε πραγματικό χρόνο) και Καλύτερο οικολογικό αποτύπωμα –μέσω στοχευμένη τιμολογιακή πολιτική.

2 Υλικά και μέθοδοι

Η σύλληψη και εν συνεχεία η ανάπτυξη της έξυπνης εφαρμογής Smart Bins έγινε στα πλαίσια της εν λόγω εργασίας. Αρχικός στόχος ήταν η αποτύπωση του προβλήματος που αντιμετωπίζει η σημερινή κοινωνία τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο. Η επιλογή του Δήμου Αμπελοκήπων ως «Case Study» έγινε μετά από αξιολόγηση διαφόρων παραγόντων, όπως η ιδιομορφία που παρουσιάζει στους κατοίκους (οικισμός Ρομά Αγίας Σοφίας, Αμπελόκηποι – Μενεμένης), ποικιλομορφία οικιστικής κατασκευής (πυκνοκατοικημένο αστικό κέντρο, αραιοκατοικημένα περίχωρα), τουριστικά επισκέψιμη περιοχή κλπ. Με την συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών και μετά από επικοινωνία - συνεργασία με την αρμόδια υπηρεσία του Δήμου, έγινε η μελέτη, κατασκευή και στη συνέχεια η εγκαταστάση της συσκευής – αισθητήρα αρχικά σε ένα κάδο απορριμμάτων για λήψη αρχικών πειραματικών προς μελέτη δεδομένων.

2.1 Ανάπτυξη έξυπνης εφαρμογής Smart Bins

Το υψηλό κόστος και η αναποτελεσματική διαχείριση στερεών αστικών αποβλήτων αποτελεί σήμερα ένα από τα μεγάλα ζητήματα που αντιμετωπίζουν οι πόλεις. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες μεθόδους συλλογής απορριμμάτων είναι στατικές γεγονός για το οποίο καταναλώνονται συχνά περιττοί πόροι στην καταγραφή, εποπτεία και περισυλλογή αστικών απορριμμάτων. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για λόγους έρευνας αναπτύχθηκε συσκευή αισθητήρα υλικού (Hardware) και εφαρμογή λογισμικού (Software) για την υλοποίηση μιας δυναμικής μεθόδου συστήματος συλλογής απορριμμάτων. Τόσο η συσκευή αισθητήρα υλικού (σχεδίαση - προγραμματισμός) όσο η εφαρμογή λογισμικού (αποτελούμενη από διαφορετικές μονάδες - components) αποτελούν προϊόντα προσωπικής εργασίας.

Αναφορικά με την υλοποίηση της συσκευής αισθητήρα υλικού, σχεδιάστηκαν κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα με την χρήση λογισμικών, όπως το Altium Designer. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που σχεδιάστηκαν αποτελούν:

- Κύκλωμα μέτρησης πληρότητας όγκου αστικών απορριμμάτων εντός του κάδου με τη χρήση αισθητήρα υπερήχων - ultrasonic PGA460 της εταιρείας Texas Instrument
- Κύκλωμα μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν εντός του κάδου (θερμοκρασία - υγρασία -), BME680 της εταιρείας Bosch Sensor Semiconductors
- Κύκλωμα αποθήκευσης και μετρήσεων εντός του υλικού σε μνήμη υλικού τύπου EEPROM, M95M02 της εταιρείας ST Semiconductors
- Κύκλωμα επικοινωνίας της συσκευής με την εφαρμογή λογισμικού για την αποστολή των δεδομένων μέτρησης, BC66NB της εταιρείας Quectel
- Κύκλωμα διαχείρισης φόρτισης μπαταρίας και ορθής λειτουργίας της συσκευής αισθητήρα για πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, BP2510 της εταιρείας.
- Κύκλωμα μικροϋπολογιστή (MCU) τύπου ARM M0+ για την διασύνδεση όλων των παραπάνω ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

Με την ολοκλήρωση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ολοκληρώθηκε και η σχεδίαση του τυπωμένου κυκλώματος με το λογισμικό Altium Designer PCB πάνω στο οποίο τοποθετούνται τα υλικά component για να ολοκληρωθεί η συσκευή αισθητήρα. Τέλος, για την συγγραφή του πηγαίου κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού C στον MCU, που αφορά την λειτουργία της συσκευής αισθητήρα, υλοποιήθηκε με μεθοδολογία State Machines στο λογισμικό Stm32Cube IDE.

Συνεχίζοντας, για την υλοποίηση του λογισμικού εφαρμογής για τη καταγραφή, εποπτεία, διαχείριση και αποθήκευση των δεδομένων μετρήσεων από τις εγκατεστημένες συσκευές αισθητήρων, χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες διαμοιραζόμενης σχεδίασης Back-End και Front-End. Για το Back-End σύστημα λογισμικού χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού C# και το Framework dotnet 5.0 για εφαρμογές Web καθώς και δύο διαφορετικοί τύποι αποθήκευσης βάσης δεδομένων. Για τα δεδομένα μετρήσεων αισθητήρα σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων NoSQL - Cassandra σε περιβάλλον σύννεφο (Azure - CosmosDB). Για τα δεδομένα καταγραφής και διαχείρισης (στόλου οχημάτων, προσωπικού κ.λ.π.) χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων RDBMS - PostgreSQL σε περιβάλλον σύννεφο (Azure Postgres). Για την

υλοποίηση του Front-End, του λογισμικού στο οποίο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, των μετρήσεων, η εποπτεία των οχημάτων και του προσωπικού εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες Html, Javascript και Css. Η εφαρμογή αποτελεί τη διεπαφή όπου ο διαχειριστής - χρήστης της εφαρμογής θα μπορεί σε πραγματικό χρόνο να παρακολουθεί την κατάσταση των εγκατεστημένων συσκευών αισθητήρων στο πεδίο, την κατάσταση των κάδων και των όγκο των απορριμμάτων σε αυτούς, θα μπορεί να εκτελεί παραγωγή ημερήσιων δρομολογίων αποκομιδής καθώς επίσης αναλυτικά και στατιστικά στοιχεία χρησιμοποιώντας φίλτρα αναζήτησης.

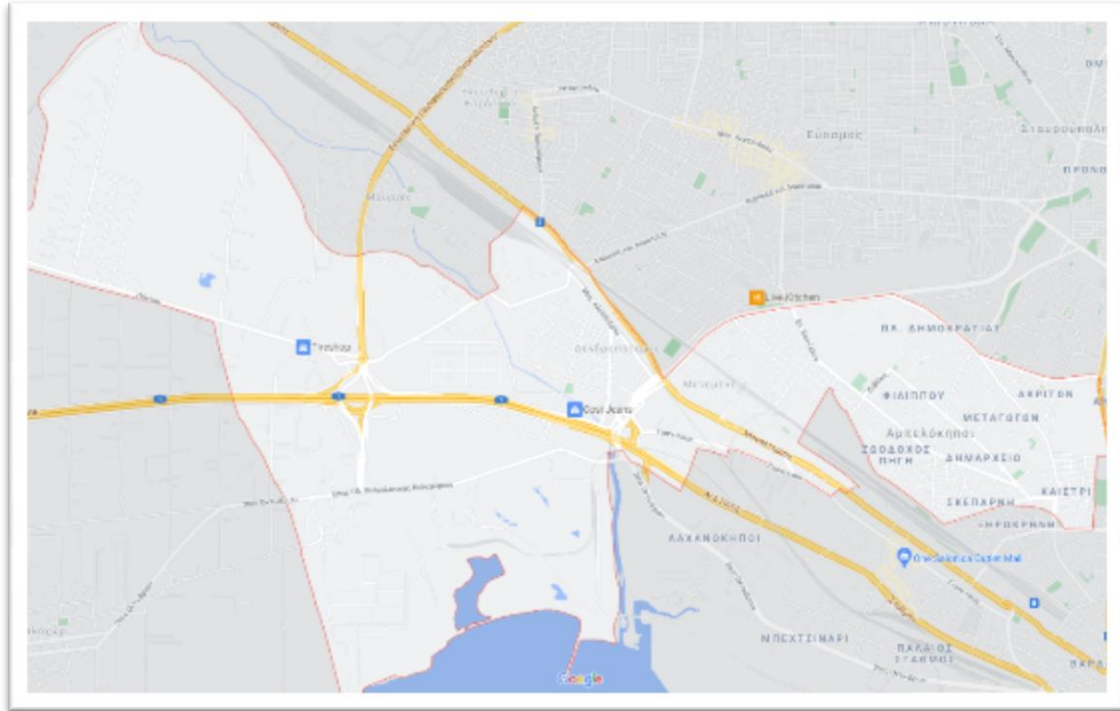
2.2 Case study- Δήμο Αμπελοκήπων-Μενεμένης Θεσσαλονίκης

Ο Δήμος Αμπελοκήπων – Μενεμένης του Δήμου Θεσσαλονίκης με έδρα τους Αμπελόκηπους, δημιουργήθηκε την 01.01.2011, με το Ν.3852/4.6.2010 (ΦΕΚ 87Α/7-6-2010) “Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης”. Η Μακεδονία ενσωματώθηκε στον εθνικό κορμό ως ελληνικό έδαφος μετά την απελευθέρωση του 1912 όπου και ορίστηκαν μέσα σ’ ένα μεταβατικό πλαίσιο τα όρια και οι αρμοδιότητες του Δήμου Θεσσαλονίκης, που αναγνωρίστηκε με το Β. Δ/γμα της 3ης Μαΐου 1918 (ΦΕΚ 98/5-5-1918).

Η δημιουργία των κοινοτήτων – δήμων και εν γένει η εξέλιξη του Νομού της Θεσσαλονίκης καθορίστηκε από τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούσαν, τις τοπικές ιδιομορφίες και τη δυναμική των εξελίξεων. Επιπλέον ο μεγάλος όγκος του προσφυγικού πληθυσμού στην ευρύτερη αγροτική περιοχή βοήθησε στη διαμόρφωση νέων συνοικισμών.

Ως το 1934 ο Δήμος Θεσσαλονίκης περιλάμβανε σχεδόν ολόκληρο το οικιστικό – πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης. Με το Δ/γμα της 19ης Ιανουαρίου 1934 (ΦΕΚ 23/34) έγιναν σημαντικές ανακατατάξεις στα διοικητικά όρια του Δήμου Θεσσαλονίκης και δημιουργήθηκαν νέες κοινότητες, ανάμεσα σε αυτές η «Κοινότης Αμπελοκήπων» και η «Κοινότης Μαινεμένης».

Το 2011 με το Ν.3852/4.6.2010 (ΦΕΚ 87Α/7-6-2010) “Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης”, δημιουργείται ο Δήμος Αμπελοκήπων – Μενεμένης.



Σχήμα 9. Όρια Δήμου Αμπελοκήπων – Μενεμένης

Η δράση του Δήμου Αμπελοκήπων – Μενεμένης στον τομέα την διαχείρισης των αποβλήτων περιορίζεται ούτε λίγο ούτε πολύ στην πλειοψηφία των δράσεων των περισσότερων δήμων στην Ελληνική Επικράτεια.

Η καθαριότητα των δημόσιων χώρων, των εστιών ρύπανσης, των οικοπέδων κλπ είναι οι κύριες αρμοδιότητες του τμήματος καθαριότητας. Καθημερινή εργασία του τμήματος καθαριότητας και του τμήματος Διαχείρισης – Κίνησης - Συντήρησης Οχημάτων & Μηχανημάτων είναι η αποκομιδή και η ανακύκλωση των απορριμμάτων από τους κάδους του Δήμου. Παράλληλα πραγματοποιείται καθαρισμός οικοπέδων, πλύσιμο κάδων, πλύσιμο οδών, πλατειών, πάρκων, σχολικών αυλών και σκούπισμα δρόμων με τα σάρωθρα και με εργάτες καθαριότητας χρησιμοποιώντας τις σκούπες με τα χέρια. Επιπλέον, τα παραπάνω τμήματα είναι υπεύθυνα για την αντικατάσταση των παλιών κάδων απορριμμάτων με καινούργιους, αλλά και για την κάλυψη αστικών αναγκών που προκύπτουν (τοποθέτηση περισσότερων κάδων κλπ) (Πηγή: <https://www.ampelokipi-menemeni.gr/municipality/profil-profil/>, Ιστοσελίδα Δήμου).

Ο Δήμος συμμετέχει σε ορισμένες δράσεις για το περιβάλλον όπως:

1. Το Σύμφωνο των Δημάρχων,
2. «Περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη», δράσεις αντικατάστασης ρυπογόνων δημοτικών οχημάτων με νέα οχήματα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στο Δήμο Αμπελοκήπων – Μενεμένης,
3. ΔΕΠΠ, Δίκτυο Ελληνικών Πράσινων Πόλεων.

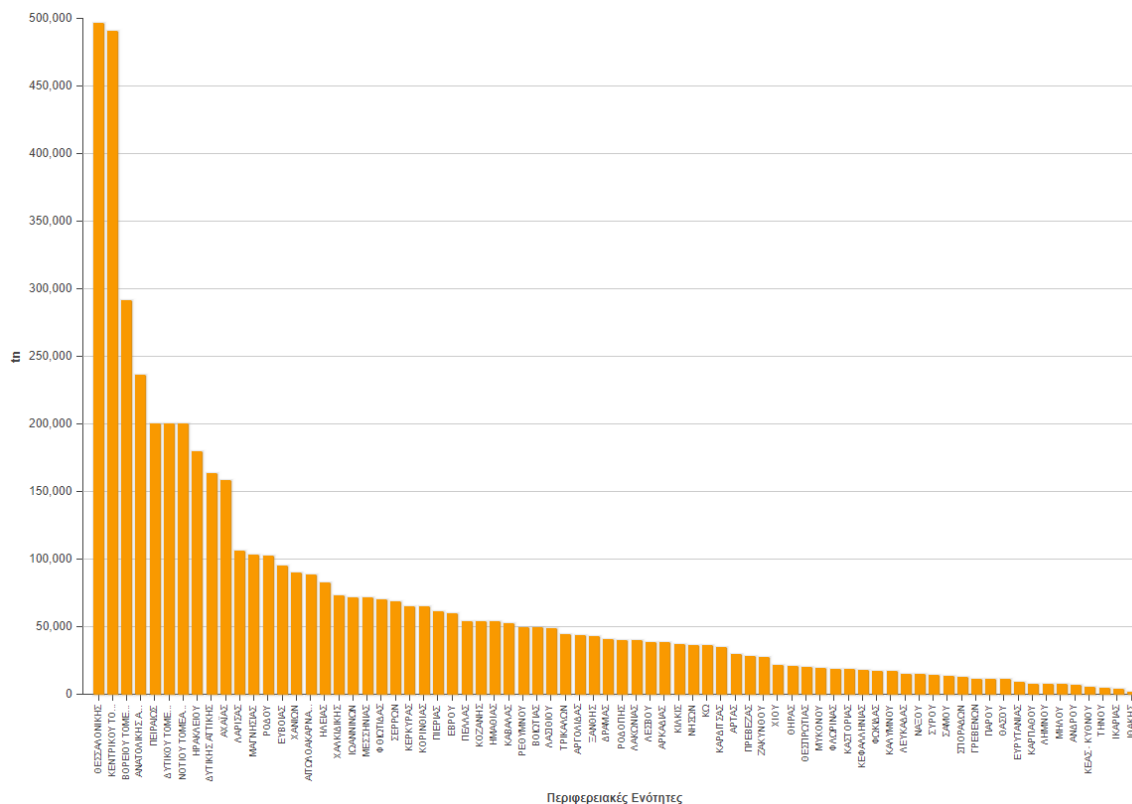
Πίνακας 3. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ – Πρόβλεψη σε σχέση με τον πληθυσμό 2019 - 2030 (ΦΕΚ Α'185_29.09.2020)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Παραγόμενα ΑΣΑ (t)	913.214	837.273	859.599	859.103	858.776	858.629	858.673	858.545	858.637	858.960	859.531	860.364
Μόνημος πληθυσμός	1.873.777	1.868.874	1.862.317	1.855.782	1.849.271	1.842.783	1.836.317	1.829.026	1.821.764	1.814.531	1.807.327	1.800.151
Επιστικός ισοδύναμος πληθυσμός	26.614	9.049	30.273	32.287	34.434	36.725	39.168	41.773	44.552	47.516	50.676	54.047
Συνολικός πληθυσμός	1.900.391	1.877.923	1.892.590	1.888.069	1.883.705	1.879.508	1.875.485	1.870.799	1.866.316	1.862.047	1.858.003	1.854.198
Συντελεστής παραγωγής ΑΣΑ (kg/ca/year)	481	446	454	455	456	457	458	459	460	461	463	464

Σύμφωνα με το ΦΕΚ Α'185_29.09.2020 ο συντελεστής παραγωγής ΑΣΑ προβλέπεται να παρουσιάσει μείωση τα επόμενα χρόνια, γεγονός που οφείλεται στη μείωση του πληθυσμού (Πίνακας 3).

Πίνακας 4. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ – Πρόβλεψη 2019 - 2030 (Πηγή ΕΦ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ ΤΕΥΧΟΣ Α'185_29.09.2020)

Οικιακά ΑΣΑ (t)	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Οργανικό Κλάσμα	404.554	370.912	380.802	380.583	380.438	380.373	380.392	380.336	380.376	380.519	380.772	381.141
Χαρτί/Χαρτόνι	160.454	147.111	151.034	150.947	150.889	150.864	150.871	150.849	150.865	150.922	151.022	151.168
Πλαστικό	119.336	109.412	112.330	112.265	112.223	112.203	112.209	112.192	112.204	112.247	112.321	112.430
Μέταλλα	25.336	23.230	23.849	23.835	23.826	23.822	23.823	23.820	23.822	23.831	23.847	23.870
Γυαλί	37.050	33.969	34.875	34.854	34.841	34.835	34.837	34.832	34.836	34.849	34.872	34.906
Ξύλο	36.275	33.259	34.146	34.126	34.113	34.107	34.109	34.104	34.107	34.120	34.143	34.176
Λουπά	62.099	56.935	58.453	58.419	58.397	58.387	58.390	58.381	58.387	58.409	58.448	58.505
Σύνολο	845.105	774.827	795.488	795.029	794.727	794.591	794.631	794.513	794.598	794.897	795.425	796.196

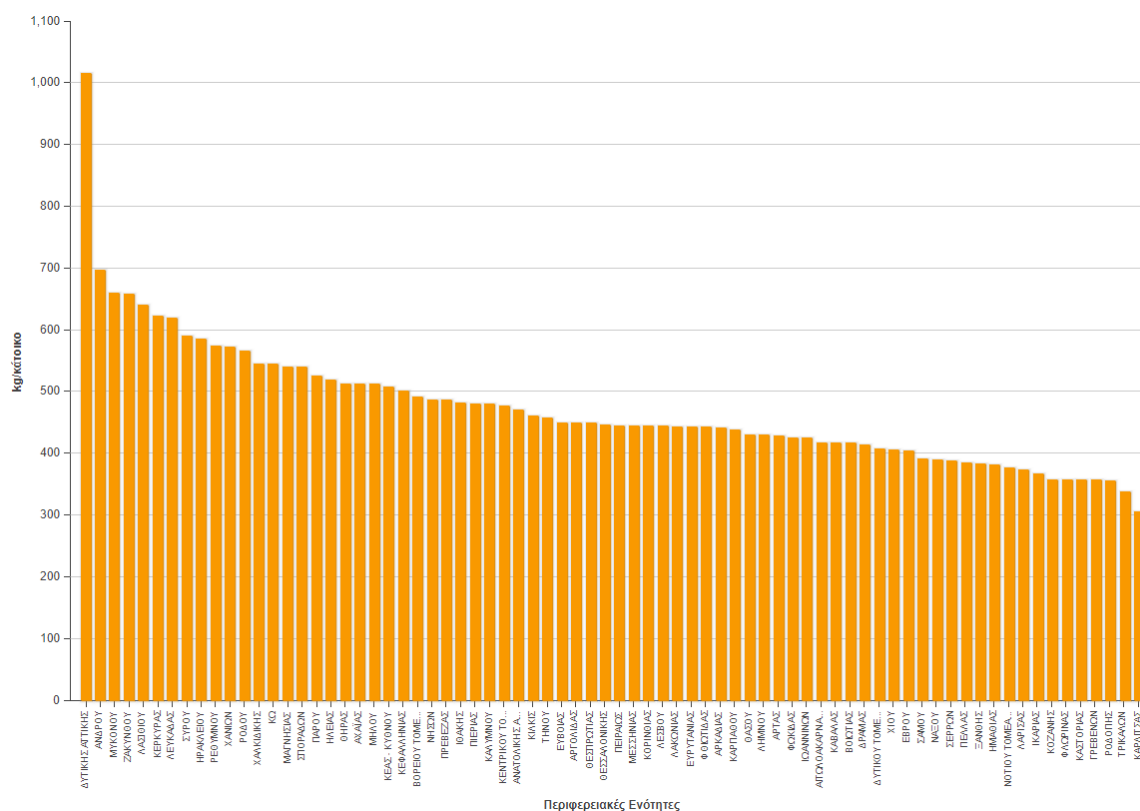


Σχήμα 10. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ ανα περιφερειακή ενότητα (Πηγή Waste Atlas)

Στο Σχήμα 10 και στον Πίνακα 5, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης στην οποία υπάγεται και ο Δήμος Αμπελοκήπων – Μενεμένης που μελετάται, παράγεται η μεγαλύτερη ποσότητα απορριμμάτων (tn) από οποιαδήποτε άλλη Περιφερειακή Ενότητα, γεγονός που επιβεβαιώνει τη σημαντικότητα ευρέσεως άμεσων λύσεων τόσο για τον περιορισμό των αποβλήτων αλλά περισσότερο για την καθολική ενημέρωση και δράση των πολιτών και των εμπλεκόμενων Δήμων ως προς την κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης, αξιοποίησης και ορθότερης διαχείρισης των απορριμμάτων με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος.

Πίνακας 5. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ – Πρόβλεψη 2019 - 2030 (Πηγή ΕΦ. ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ ΤΕΥΧΟΣ Α'185_29.09.2020)

Περιφερειακή Ενότητα	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ημαθία	63.857	58.547	60.108	60.073	60.051	60.040	60.043	60.034	60.041	60.063	60.103	60.162
Θεσσαλονίκη	498.234	456.801	468.982	468.711	468.533	468.453	468.477	468.407	468.457	468.634	468.945	469.399
Κυκλίας	36.296	33.277	34.165	34.145	34.132	34.126	34.128	34.123	34.126	34.139	34.162	34.195
Πέλλα	61.871	56.726	58.238	58.205	58.183	58.173	58.176	58.167	58.173	58.195	58.234	58.290
Περίαι	59.480	54.533	55.988	55.955	55.934	55.924	55.927	55.919	55.925	55.946	55.983	56.037
Σέρρες	75.488	69.211	71.057	71.015	70.988	70.976	70.980	70.969	70.977	71.004	71.051	71.120
Χαλκιδική	49.879	45.731	46.951	46.924	46.906	46.898	46.900	46.893	46.898	46.916	46.947	46.993



Σχήμα 11. Ετήσια παραγωγή ΑΣΑ ανα περιφερειακή ενότητα ανά κάτοικο (Πηγή Waste Atlas)

Επακόλουθο των παραπάνω, στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης είναι μεγαλύτερη και η παραγωγή ΑΣΑ ανά κάτοικο όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο Σχήμα 11.

Η ποσοτική σύνθεση των ΑΣΑ του Δήμου Αμπελοκήπων Μενεμένης μετά από στοιχεία που παραχωρήθηκαν για την εν λόγω εργασία συνοψίζεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Ετήσιες ποσότητες ΑΣΑ 2014-2018 Δήμου Αμπελοκήπων

ΕΤΟΣ	ΣΥΜΜΕΙΚΤΑ ΔΗΜΟΥ	ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΚΛΑΥ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΧΥΤΑ	ΑΝΑΚΥΚΛ. ΜΠΛΕ ΚΑΛΟΥ	ΣΥΝΟΛΟ ΤΑΦΗΣ & ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ
2014	14.678	1.678	16.356	1.509	17.865
2015	14.909	1.265	16.174	1.786	17.960
2016	11.980	1.568	13.548	1.984	15.532

2017	12.098	1.656	13.754	1.323	15.077
2018	11.454	1.234	12.688	1.549	14.237

Ο Δήμος διαθέτει σήμερα τα εξής οχήματα:

- Μικρά 4T 3
- Μύλος 5T 5
- Μύλος 8T 1
- Πρέσες 10T 1
- Πρέσες 12T 2
- Πρέσες 5T 3
- Πρέσες 8T 3
- Πρέσες ανακύκλωσης 4
- Πλυντήρια κάδων 4

Επιπλέον ο αριθμός, περίπου, των σύμμεικτων κάδων είναι 2.500 τεμάχια και των κάδων ανακύκλωσης 550 τεμάχια. Όσον αφορά τα φορτία, ο αριθμός περισυλλογής ανά μήνα είναι 2.000 τόνοι απορριμμάτων και 400 τόνοι ανακυκλώσιμων. Ο αριθμός των κάδων που μπορεί να εξυπηρετήσει ένα απορριματοφόρο εξαρτάται από το είδος του φορτίου (απορρίμματα – ανακύκλωση) και τον τύπο του οχήματος (ωφέλιμο φορτίο). Έτσι τα οχήματα με φορτίο ανακύκλωσης φορτώνουν 2,5 έως 5 τόνους, τα οχήματα με φορτίο απορριμμάτων φορτώνουν 3,5 με 12 τόνους και κάθε όχημα ανάλογα με το είδος του φορτίου και τύπο του, εξυπηρετεί από 100 έως 200 κάδους/δρομολόγιο. Τέλος, κατά μέσο όρο έχει διαπιστωθεί ότι κάθε όχημα/δρομολόγιο, συμπεριλαμβανομένου του αδειάσματος στον ΧΥΤΑ, καλύπτει περίπου 100 χλμ καταναλώνοντας 30-40 λίτρα καυσίμου. Σε περίπτωση πλήρωσης του οχήματος πριν την ολοκλήρωση του προσχεδιασμένου δρομολογίου γίνεται αλλαγή του οχήματος με άδειο και σε περίπτωση διαθέσιμου χώρου στο όχημα μετά την ολοκλήρωση του προσχεδιασμένου δρομολογίου γίνεται μετάβαση σε άλλη περιφέρεια έως ότου πληρωθεί ολικώς. Μέση διάρκεια ενός δρομολογίου είναι οι 2,5 ώρες.

Όλα τα παραπάνω, σαφώς επηρεάζονται άμεσα από την εποχικότητα (εορτές, καλοκαίρι – χειμώνας κλπ).

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω στοιχεία, λαμβάνοντας υπόψιν στους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν τον μέσο όρο κάθε τιμής προκύπτουν τα εξής:

Εφόσον ισχύει ότι ο αριθμός περισυλλογής ανά μήνα είναι 2.000 τόνοι απορριμμάτων και 400 τόνοι ανακυκλώσιμων, τότε ο αριθμός περισυλλογής ανά ημέρα είναι 66 τόνοι απορριμμάτων και 13 τόνοι ανακυκλώσιμων. Ένα όχημα/δρομολόγιο αδειάζει 150 κάδους, άρα απαιτούνται 9 οχήματα και 2 δρομολόγια/ημέρα ή 6 οχήματα και 3 δρομολόγια/ημέρα για να αδειάσουν τους 2.500 κάδους απορριμμάτων.

Αντίστοιχα, για την ανακύκλωση απαιτούνται 2 οχήματα και 2 δρομολόγια/ημέρα για να αδειάσουν τους 550 κάδους ανακύκλωσης.

Πίνακας 7. Κοστολόγηση υπηρεσιών διαχείρισης αποβλήτων

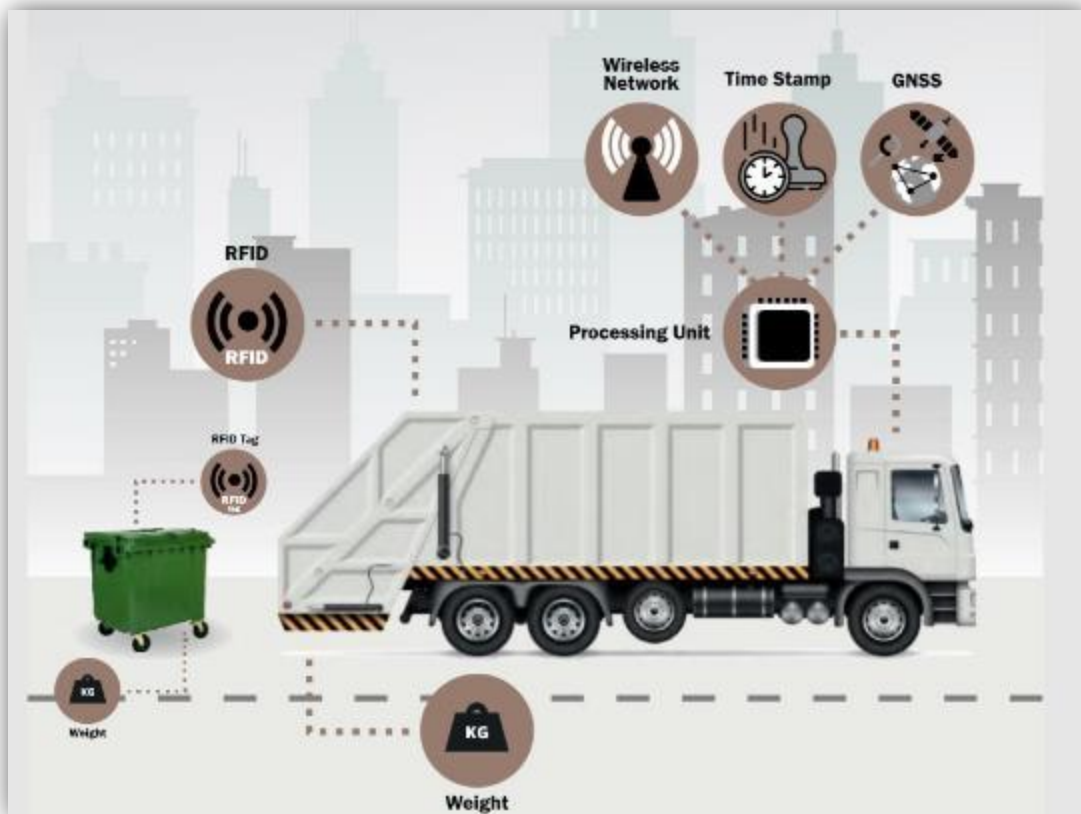
	Βασικά στοιχεία ρεύματος αποβλήτων		
	Σύνολο	σύμμεικτα απόβλητα	απόβλητα χαρτιού
αριθμός κατοίκων/ χρηστών	52.127	52.127	52.127
μέγεθος νοικοκυριού	14.893	14.893	14.893
ποσότητα αποβλήτων (τόνοι/έτος)	28.800	24.000	4.800
ποσότητα αποβλήτων kg/ κάτοικο/ έτος	552	460	92
ποσότητα αποβλήτων kg/ νοικοκυριό/ έτος	1.934	1.611	322
συνολικό κόστος €/ έτος	7.718.305	6.324.811	1.393.494
συνολικό κόστος €/ κάτοικο/ έτος	148	121	27
συνολικό κόστος €/ νοικοκυριό/ έτος	518	425	94
συνολικό κόστος €/ τ.μ. επιφάνειας κατοικίας/ έτος	5,92	4,85	1,07
συνολικό κόστος €/ τόνο	268	264	290

3 Εφαρμογή - Smart Bin Application

Η έξυπνη εφαρμογή – Smart Bins, συνδυάζει την καινοτομία με την απλότητα δίνοντας τη δυνατότητα για τη βέλτιστη διαχείριση των αποβλήτων. Πρόκειται για πλατφόρμα λογισμικού η οποία διαχειρίζεται συνολικά την αποκομιδή των απορριμμάτων. Οι ΟΤΑ θα έχουν την δυνατότητα άμεσης ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο με την χρήση αισθητήρων τελευταίας τεχνολογίας. Θα είναι εφικτή η στοχευμένη αποκομιδή των απορριμμάτων με ταυτόχρονη παρακολούθηση και απεικόνιση των κάδων σε ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο.

Η επίτευξη των παραπάνω θα γίνεται με μοναδικό προαπαιτούμενο την πρόσβαση στο διαδίκτυο σε οποιοδήποτε περιηγητή τελευταίας γενιάς ή σε κάποιο αντίστοιχο mobile app.

Το σύστημα αναγνωρίζει κάθε κάδο απορριμμάτων και ζυγίζει το φορτίο, προσδίδοντας οφέλη στους πολίτες, παρακινώντας τους να διαχωρίσουν τα απόβλητα (οργανικά, ανακυκλώσιμα και άλλα) στα σημεία διαλογής.



Σχήμα 12. Σύστημα διαλογής έξυπνων κάδων

3.1 Δυνατότητες & Λειτουργία εφαρμογής

Πιο αναλυτικά, κάνοντας χρήση των συλλεγμένων δεδομένων που μας δίνουν τα υφιστάμενα δρομολόγια του εκάστοτε Δήμου, και με τη βοήθεια ειδικού αλγορίθμου θα είναι εφικτή η μετατροπή των δύσκαμπτων έως τώρα δρομολογίων σε βέλτιστα. Ουσιαστικά, ο αλγόριθμος αξιοποιώντας πληροφορίες όπως ο αριθμός των κάδων, ο αριθμός και το ωράριο εργασίας των οδηγών και ο αριθμός και η χωρητικότητα των απορριμματοφόρων, υπολογίζει τα βέλτιστα δρομολόγια που πρέπει να εκτελεστούν. Αποτέλεσμα των παραπάνω, ο αλγόριθμος μηχανικής εκμάθησης (machine learning), να μπορεί να προβλέψει τις τάσεις παραγωγής των απορριμμάτων, σε επίπεδο πληρότητας στις μέρες και ώρες που εξυπηρετούν τον Δήμο.

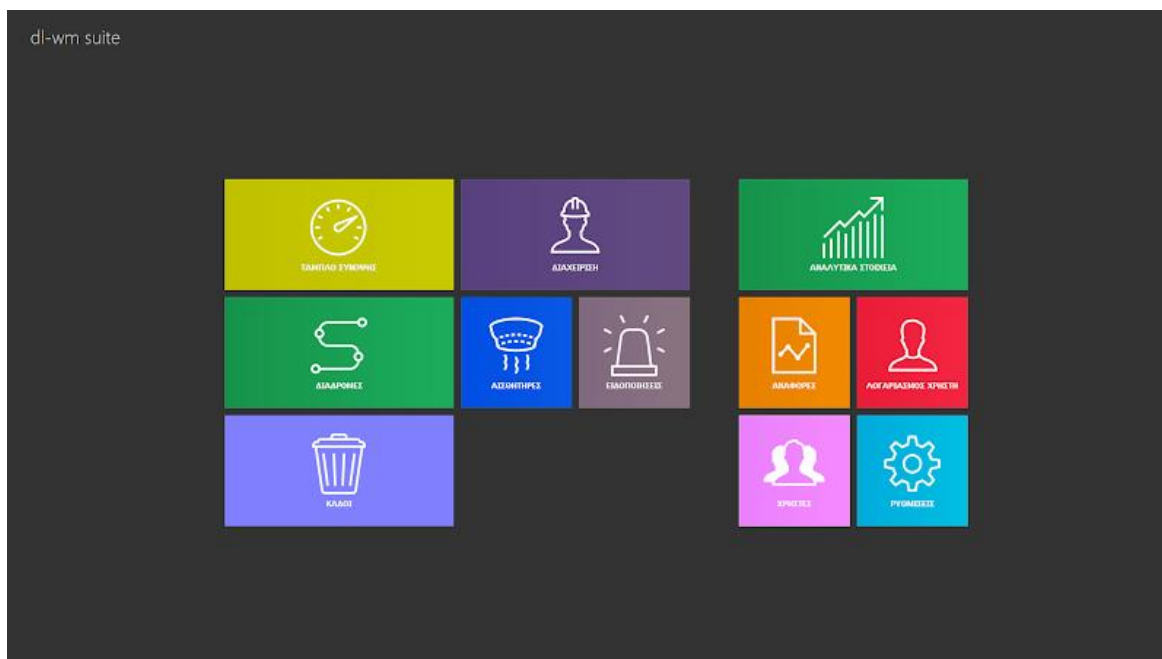
Για την εξάλειψη ή την ελαχιστοποίηση των προβλημάτων αλλά και για τη συλλογή των ΑΣΑ που προκύπτουν, κρίθηκε απαραίτητη και πλέον συμφέρουσα η χρήση της τεχνολογίας Internet of Things (IOT). Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση συσκευών IoT (αισθητήρων) στους κάδους απορριμμάτων που δείχνουν το επίπεδο των αποβλήτων σε αυτούς.

Στη συνέχεια, με τη χρήση του εξελικτικού αλγορίθμου, Genetic Algorithm, προγραμματίζεται η βέλτιστη διαδρομή στο συντομότερο χρονικό διάστημα. Χρησιμοποιώντας αυτήν την προσέγγιση, στοχεύει στην αποτελεσματική χρήση του εργατικού δυναμικού / πόρων των Δήμων και στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στους δρόμους (Aktemur I. et al 2020).



3.1.1 Βασικές δυνατότητες της πλατφόρμας

Ο κύριος χρήστης, θα έχει τον πλήρη έλεγχο και διαχείριση της εφαρμογής. Θα είναι εκείνος που μέσω του διαδικτύου θα έχει την ολική παρακολούθηση της υπηρεσίας.

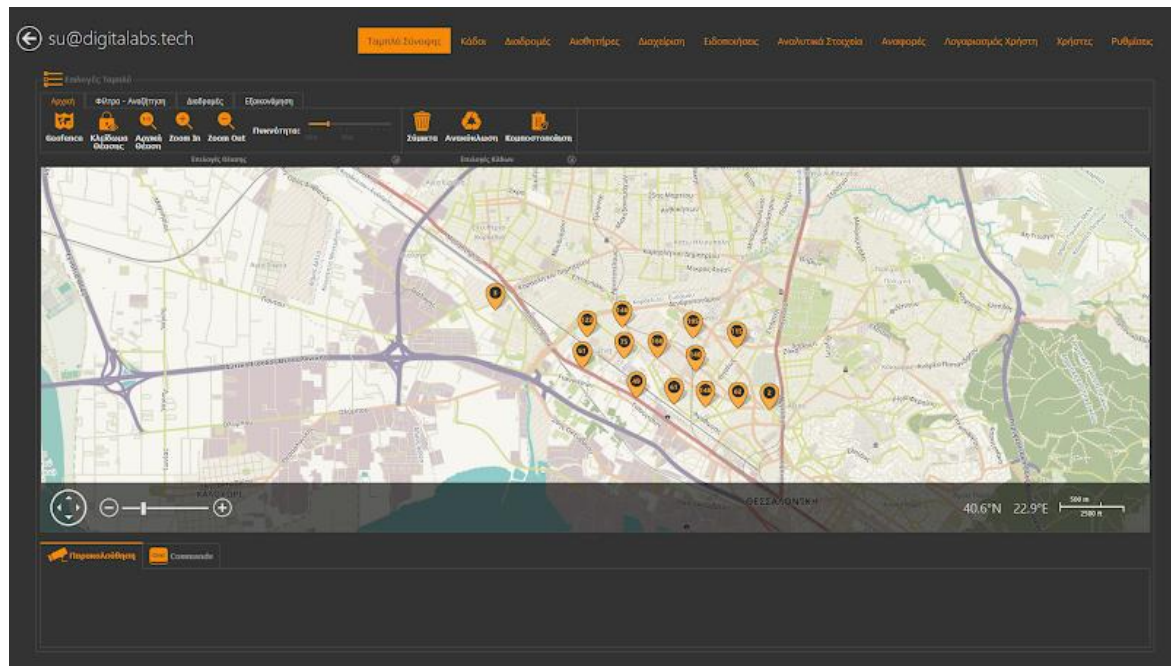
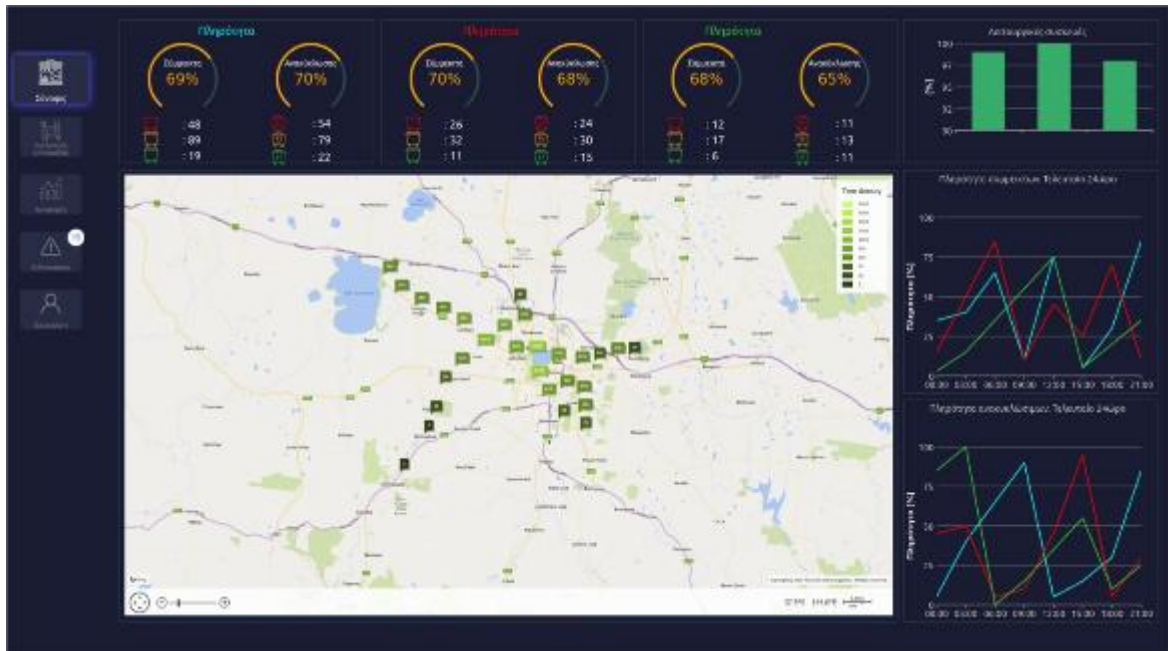


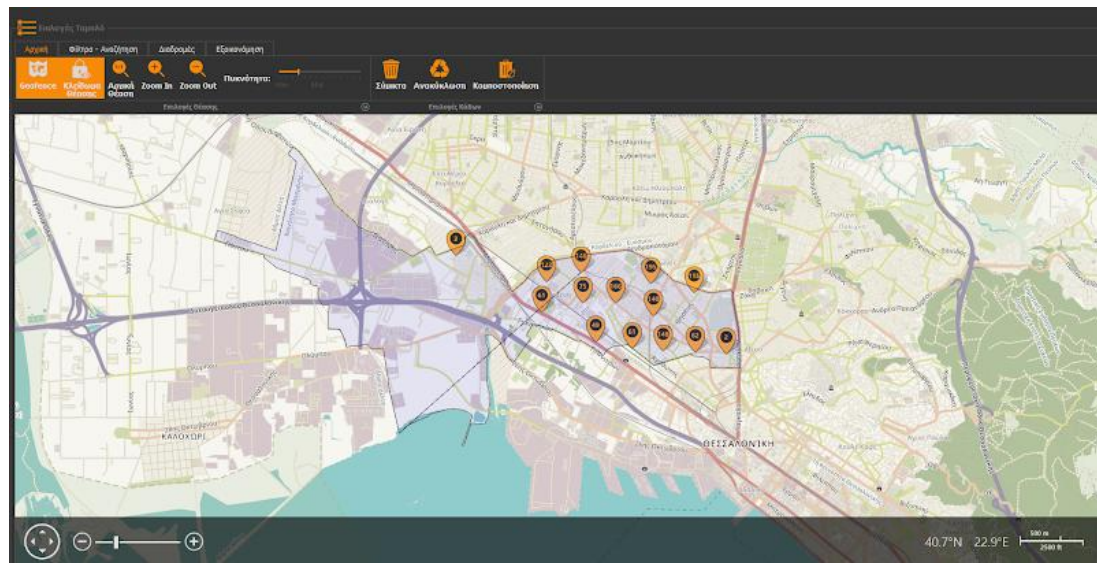
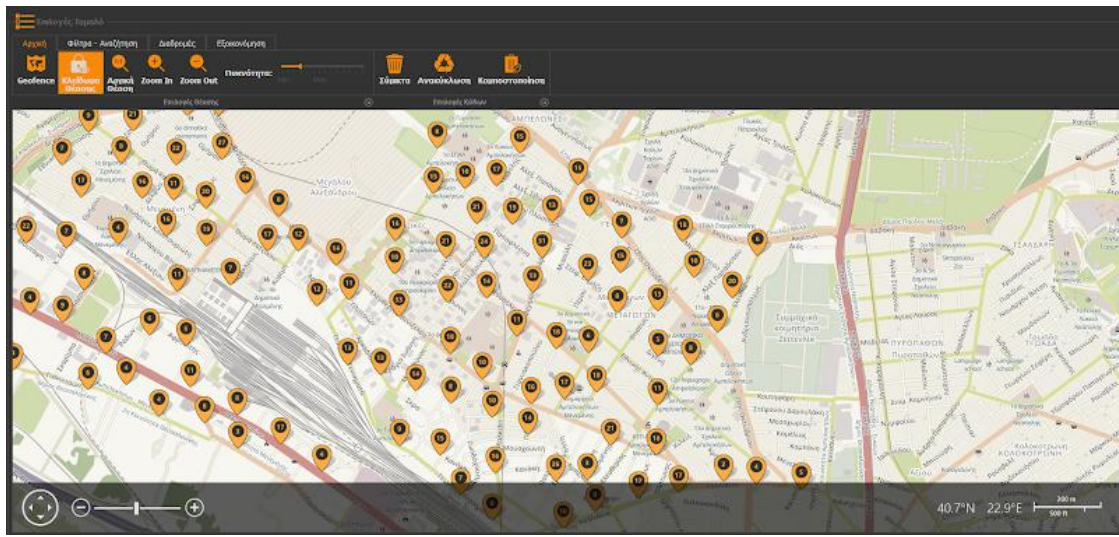
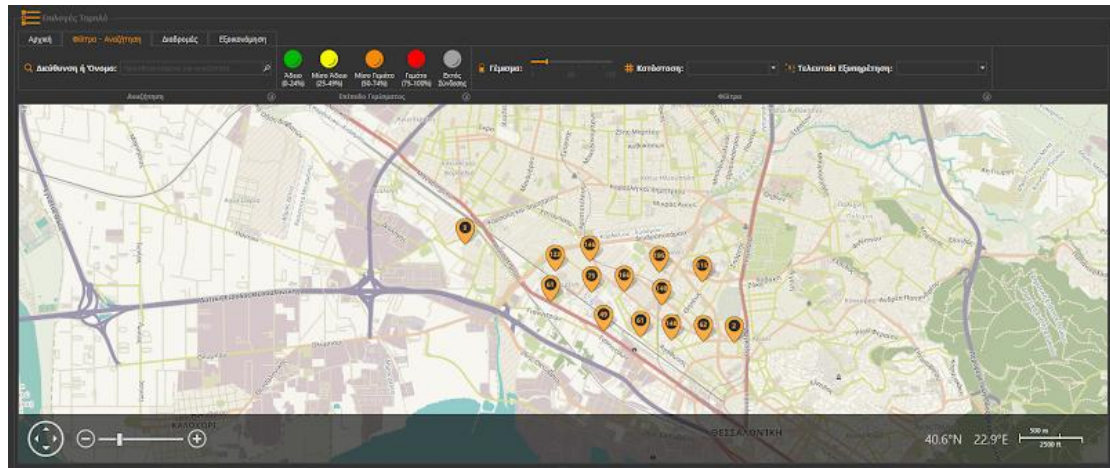
Σχήμα 13. Περιβάλλον έναρξης έξυπνης εφαρμογής

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 13, ο χρήστης, με την έναρξη της εφαρμογής θα εισέρχεται σε ένα απλό και ταυτόχρονα περιεκτικό περιβάλλον που με απλά βήματα θα μπορεί να έχει πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες του προγράμματος. Εικονίδια (tabs) που με ένα απλό κλικ θα μεταφέρουν τον χρήστη σε περιβάλλον πλήρους επεξεργασίας. Τα εικονίδια αυτά περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

Ταμπλό Σύνοψης: Παρακολούθηση ωριαίας, ημερήσιας, εβδομαδιαίας αποκομιδής με την βοήθεια απλών και βασικών φίλτρων. Εικόνα σε πραγματικό χρόνο και ανα πάσα στιγμή για τα επίπεδα πληρότητάς τους (με διαφορετική χρωματική απεικόνιση ανάλογα με το επίπεδο πληρότητας), καθώς και ιστορικότητα αυτών.

«Καραγιάννη Ευαγγελία», «Smart bins - Ανάπτυξη έξυπνης εφαρμογής για την βελτιστοποίηση της διαχείρισης αστικών αποβλήτων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στο αστικό περιβάλλον»

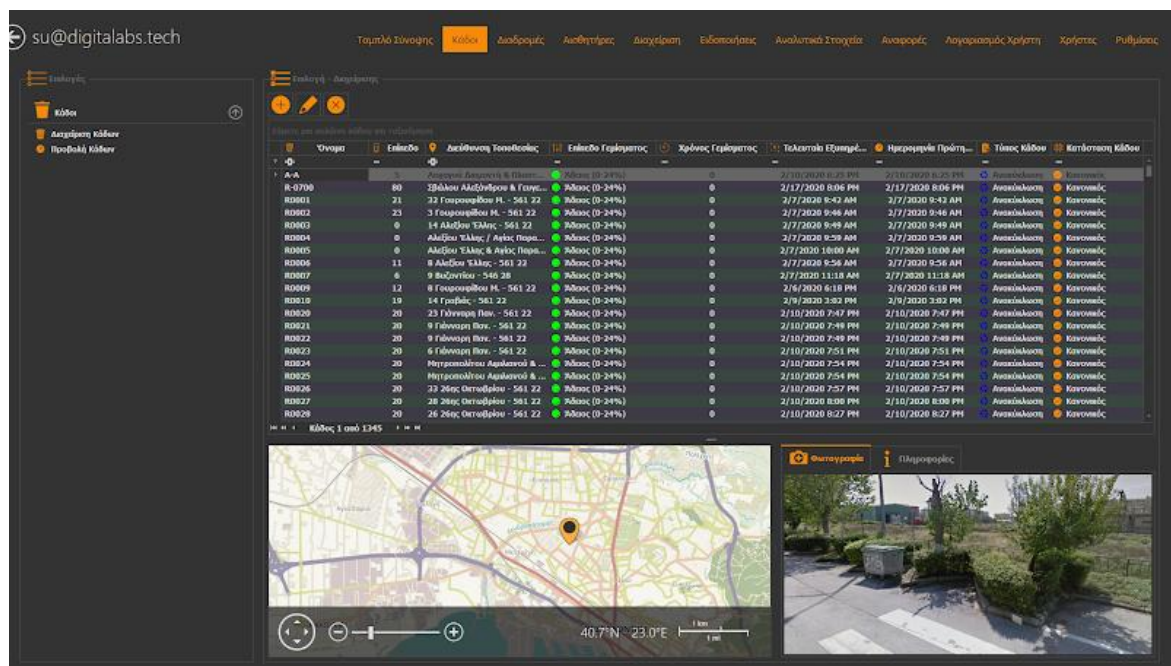




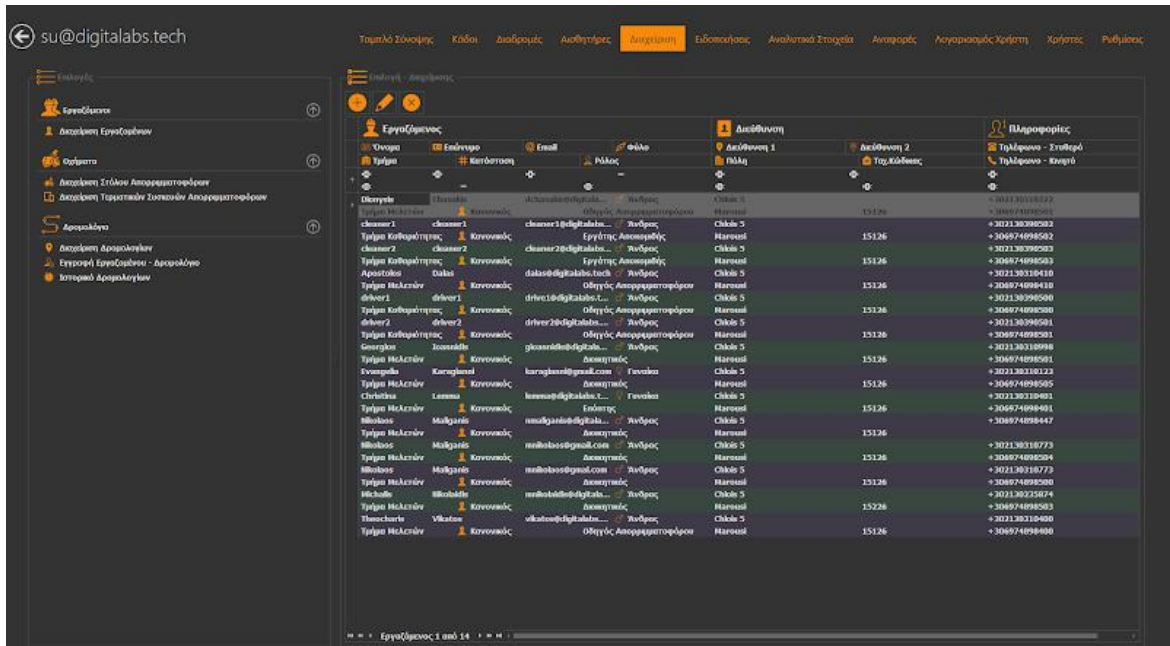
Σχήμα 14. Ταμπλό σύνοψης συστήματος

Διαδρομές: Διαχείριση και οργάνωση δεδομένων και στοιχείων για την τελική εξαγωγή των διαδρομών για τα απορριματοφόρα. Με τη συλλογή των δεδομένων (προγνωστική ανάλυση - Predictive Analysis), ο αλγόριθμος μηχανικής εκμάθησης (machine learning), εκπαιδεύεται «έξυπνα» από τις τάσεις παραγωγής των απορριμμάτων προβλέποντας το επίπεδο πληρότητας κατά την απαίτηση του Δήμου. Αποτέλεσμα αυτού, η σχεδίαση αποδοτικότερων προγραμμάτων δρομολογίων.

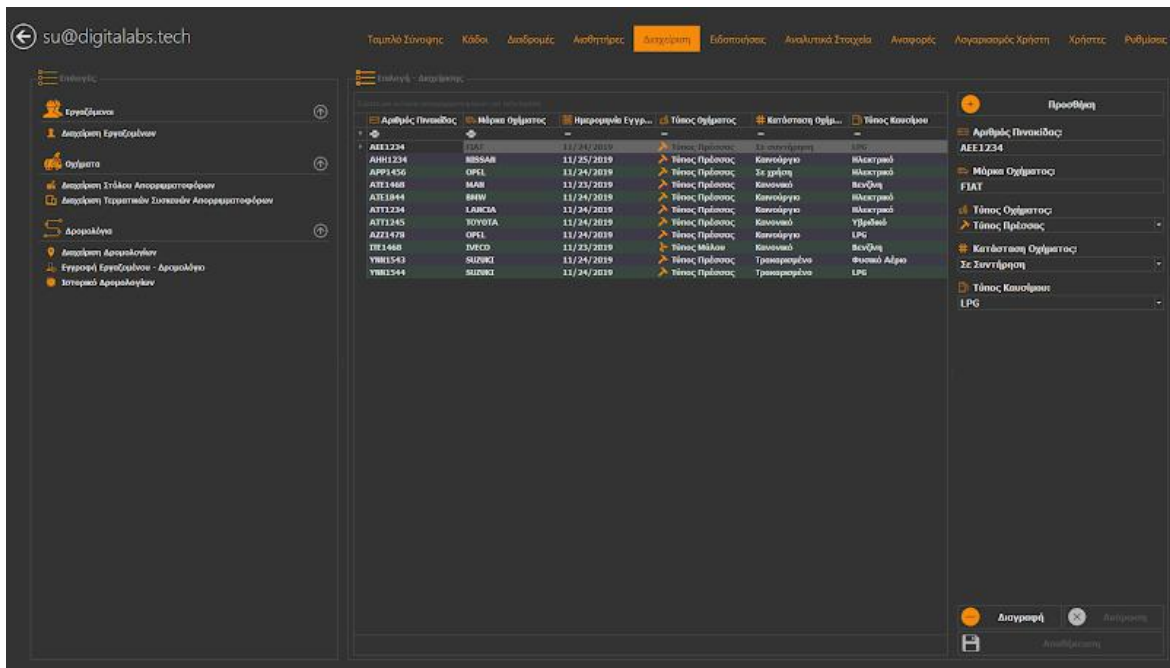
Κάδοι: διαχείριση (device management) του sensor (έλεγχος λειτουργικότητας και αποδοτικότητας) αλλά και των κάδων (μερική ή ολική καταστροφή ή φθορά). Παρακολούθηση επιπέδου πληρότητας κάδων και αποκομιδών (pick-ups) σε επίπεδο κάδων καθώς και ζωνών αποκομιδής.



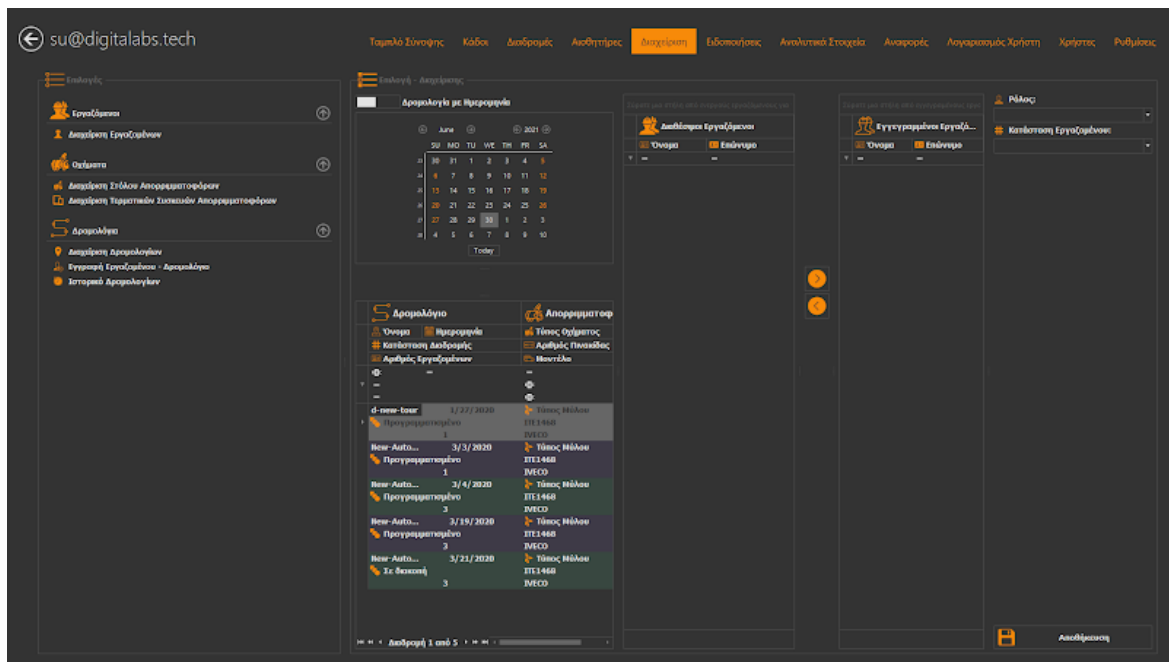
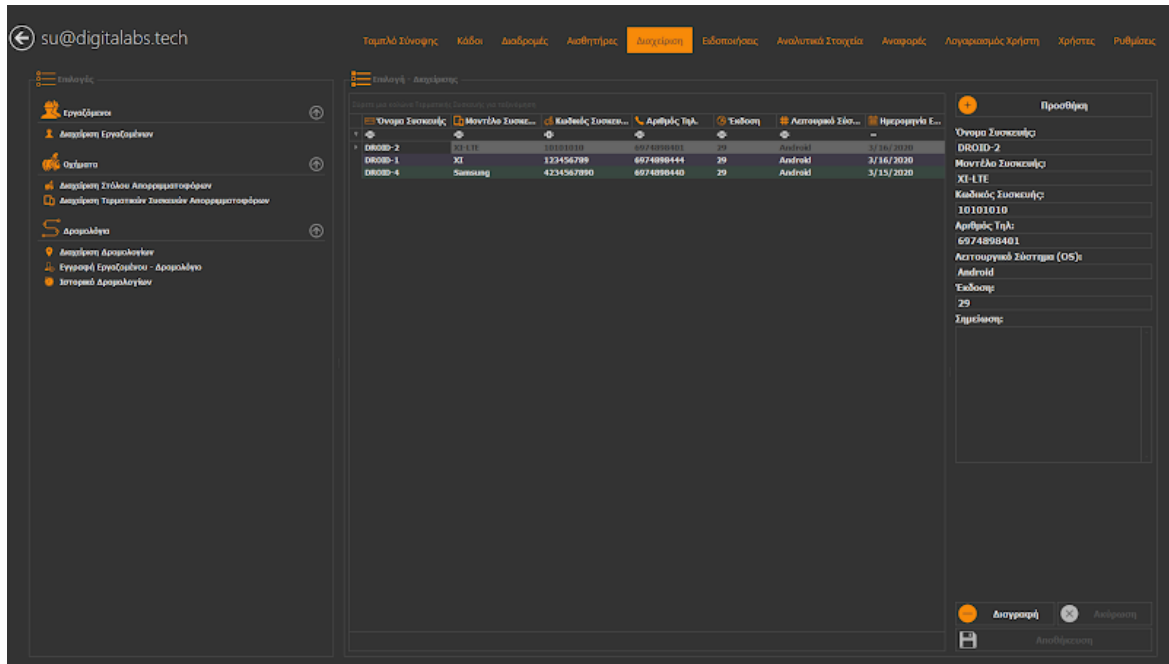
«Καραγιάννη Ευαγγελία», «Smart bins - Ανάπτυξη έξυπνης εφαρμογής για την βελτιστοποίηση της διαχείρισης αστικών αποβλήτων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στο αστικό περιβάλλον»



Όνομα	Επώνυμο	Email	Ρόλος	Αιτιότητα 1	Αιτιότητα 2	Πληροφορίες
Τρίφη Μιλτιάδου	Κωνσταντίνος	οδηγός.απορριμματοφόρου...	Οδηγός Απορριμματοφόρου	Οδικός 5	151.26	+3021.30210222 +30697.4098501
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298502 +30697.4098502
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298503 +30697.4098503
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298504 +30697.4098504
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298505 +30697.4098505
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298506 +30697.4098506
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298507 +30697.4098507
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298508 +30697.4098508
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298509 +30697.4098509
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298510 +30697.4098510
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298511 +30697.4098511
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298512 +30697.4098512
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298513 +30697.4098513
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298514 +30697.4098514
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298515 +30697.4098515
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298516 +30697.4098516
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298517 +30697.4098517
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298518 +30697.4098518
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298519 +30697.4098519
Τρίφη Κολοβιτώνης	Κωνσταντίνος	εργάτης.απορριμμά...	Εργάτης Απορριμμά...	Οδικός 5	151.26	+3021.30298520 +30697.4098520



Αριθμός Πρωτοκόπου	Μάρκα Οχήματος	Ημερομηνία Εγγρ...	Τύπος Οχήματος	Κατάσταση Οχη...	Τύπος Καυσίμου
ΑΕΕ1234	FEST	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Σε συντήρηση	LPG
ΑΗΗ1234	MESAR	11/25/2019	Τύπος Πρώτοσης	Κανονικό	Ηλεκτρικό
ΑΡΡ1430	OPEL	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Σε χρήση	Ηλεκτρικό
ΑΒ11440	MAZ	11/23/2019	Τύπος Πρώτοσης	Κανονικό	Βενζίνη
ΑΤΣ1044	BMW	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Κανονικό	Ηλεκτρικό
ΑΤΤ1234	LANCIA	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Κανονικό	Ηλεκτρικό
ΑΤΤ1245	TOYOTA	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Κανονικό	Υβριδικό
ΑΠ11470	OPEL	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Κανονικό	LPG
ΠΕ1440	DAED	11/23/2019	Τύπος Πρώτοσης	Κανονικό	LPG
ΥΜΗ1543	SUZUKI	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Τρακατοφόρο	Βενζίνη
ΥΜΗ1544	SUZUKI	11/24/2019	Τύπος Πρώτοσης	Τρακατοφόρο	LPG



Σχήμα 16. Δεδομένα και λεπτομέρειες – Ταμπλό Διαχείρισης

Ολοκληρωμένη διαχείριση του συστήματος των κάδων, των απορριμματοφόρων, των οδηγών καθώς και των διαδρομών (έναρξη και λήξη δρομολογίου) των απορριμματοφόρων, έλεγχος χρόνου παράδοσης των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ, Μονάδες Ανακύκλωσης, κλπ). Ανάθεση βέλτιστων δρομολογίων στους οδηγούς. Δυνατότητα

χρήσης από τους οδηγούς εύχρηστου πλοηγού με συνεχή ενημέρωση για τους κάδους του δρομολογίου τους, δυνατότητα αποστολής μηνυμάτων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των οδηγών και του διαχειριστή της πλατφόρμας. Σε περίπτωση επιπλέον περιθωρίου χωρητικότητας μετά την ολοκλήρωση των προγραμματισμένων αποκομιδών, δίνεται η δυνατότητα αιτήματος για ανάθεση μερικών ακόμα κάδων, για τελική παράδοση με 100% πληρότητα.

Αισθητήρες: Πρόκειται για εικονίδιο με το οποίο θα επιτυγχάνεται η εγγραφή των νέων αισθητήρων ή η επανεγγραφή των παλιών σε αντίστοιχους και μοναδικούς κάδους. Επιπλέον με το εν λόγω οικονίδιο θα γίνεται η σύνδεση με 4G δίκτυο.

Ειδοποιήσεις: Αναλυτική παρουσίαση των ειδοποιήσεων (history). Λήψη σε προεπιλεγμένο χρόνο και μέσο (email, μήνυμα στο κινητό) ενημερώσεων (notification) σχετικά με τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας. Παροχή πλήρους εικόνας και παρακολούθηση στοιχείων που αφορούν τους αισθητήρες όπως το ποσοστό μπαταρίας τους, τη μετακίνηση τοποθεσίας μέσω GPS κλπ.

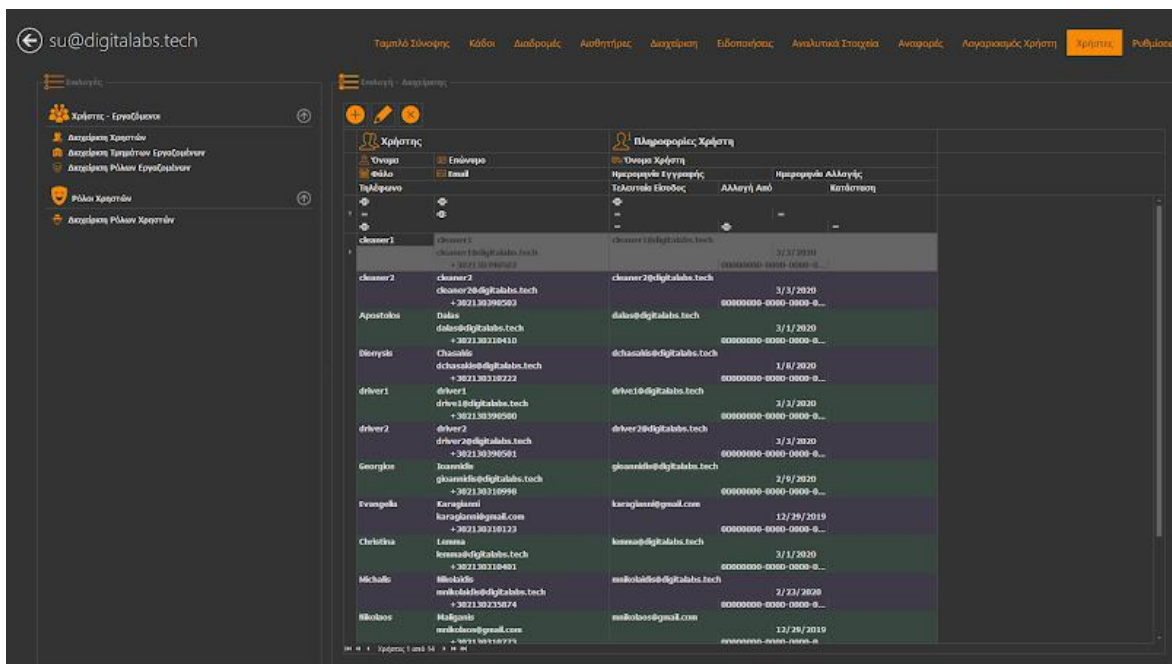
Αναλυτικά Στοιχεία: Σε αντίθεση με το ταμπλό σύνοψης, πρόκειται για το εικονίδιο που θα παρέχει μια σύνθετη αναζήτηση με πολλά φίλτρα και πολλές δυνατότητες εξαγωγής πληροφοριών. Π.χ. επιλογή με βάση ετικέτες-tags οι οποίες έχουν οριστεί από τον χρήστη προσδιορίζοντας τον τύπο του κάδου (μπλε, πράσινους κλπ), την τοποθεσία του, και δυνατότητα δημιουργίας γκρουπ (cluster) κάδων με κοινά χαρακτηριστικά (πχ γκρουπ πράσινων κάδων, γκρουπ μπλε κοκ). Επιπλέον, η δυνατότητα φιλτραρίσματος δίνεται και σε επίπεδο πληρότητας (πληρότητα μόνο πάνω από 70% κ.ο.κ.). Στοιχεία για κάθε αισθητήρα ξεχωριστά, όπως το ιστορικό του επιπέδου πληρότητας, την πρόβλεψη πλήρωσης, την τοποθεσία, το πρόσφατο ιστορικό αποκομιδών, επιλογή κάδων αλφαβητικά, ή με βάση την περιγραφή ή τη διεύθυνση τους ή το επίπεδο πληρότητας, κλπ.

Αναφορές: Εξαγωγή των απαραίτητων reports. Αξιοποίηση των δεδομένων μέσω αναφορών που αφορούν τους αισθητήρες, την παραγωγή απορριμάτων, την επίδοση των αποκομιδών, την απόδοση και την αποτελεσματικότητα των δρομολογίων, τη συχνότητα υπερχειλίσης των απορριμμάτων κ.α. Είναι δυνατή η επιλογή κριτηρίων όπως συγκεκριμένοι αισθητήρες, χρονικό διάστημα (μέρες, ώρες) κλπ, και το περιεχόμενο θα προσαρμοστεί στα κριτήρια επιλογής του Χρήστη. Η απεικόνιση των αναφορών μπορεί

να γίνει και με τη μορφή απεικόνισης heatmap, που αποτελεί μια από τις πιο σύγχρονες, και φιλικές προς τον χρήστη μεθόδους απεικόνισης. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής των αναφορών σε αρχείο excel για την περαιτέρω επεξεργασία τους και την ευκολότερη αξιοποίησή τους από τον χρήστη.

Λογαριασμός Χρήστη: Login με μοναδικούς κωδικούς για την καθημερινή λειτουργία της εφαρμογής καθώς επίσης και για τη διαχείριση προσωπικών πληροφοριών, δεδομένων, ασφάλειας κλπ. του εκάστοτε χρήστη. Στο συγκεκριμένο πεδίο, ο χρήστης μπορεί να δει και να αλλάξει πληροφορίες που αφορούν στο λογαριασμό όπως τα στοιχεία επικοινωνίας, την επιλογή γλώσσας (ελληνικά-αγγλικά), τα κριτήρια κατάταξης των επιπέδων πληρότητας, τη διαχείριση των ενημερώσεων κλπ.

Χρήστες: Εικονίδιο διαχείρισης χρηστών (υπάλληλοι γραφείου, οδηγοί απορριματοφόρων κλπ.) από το διαχειριστή (administrator). Πρόκειται για εικονίδιο που η χρήση του γίνεται μόνο από λογαριασμό διαχειριστή. Διαβαθμισμένη δυνατότητα επιλογών με βάση το ρόλο του εκάστοτε χρήστη με βάση πάντα τη σχετική οδηγία που έχει δοθεί από τον Δήμο.

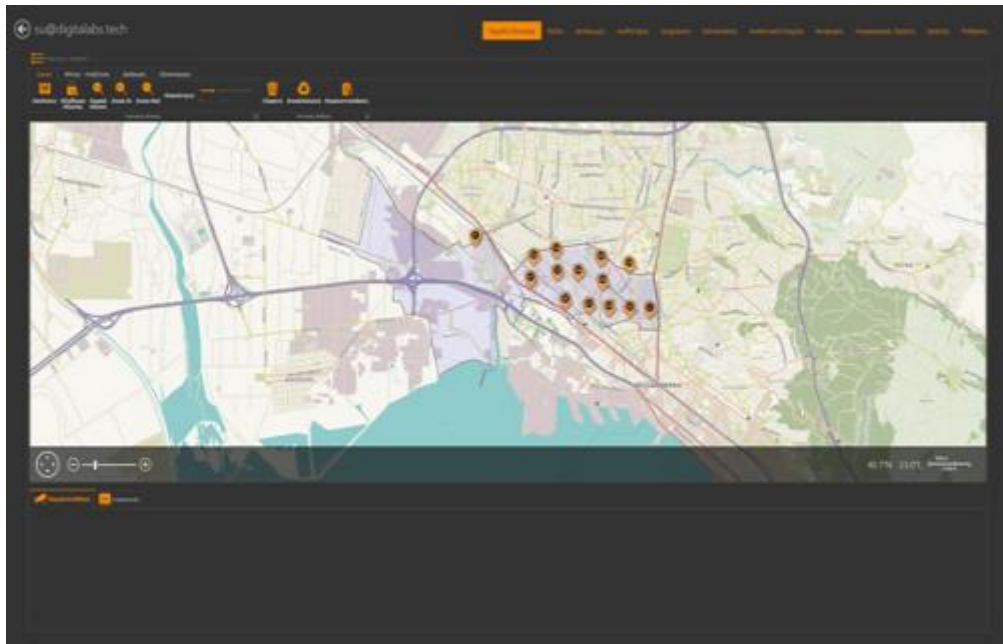


Σχήμα 17. Διαχείριση χρηστών

Ρυθμίσεις: Διαχείριση βάσης δεδομένων και data. Πρόκειται για εικονίδιο που η χρήση του γίνεται μόνο από λογαριασμό διαχειριστή.

Οι βασικές δυνατότητες της πλατφόρμας είναι οι εξής:

- ✓ Ο πραγματικός χρόνος σε συνδυασμό με τα ιστορικά δεδομένα που εξάγονται για τον κάθε κάδο θα δίνει την δυνατότητα προγνωστικής ανάλυσης στον χρήστη έτσι ώστε να σχεδιάσει τις βέλτιστες διαδρομές αποκομιδών για τα απορριμματοφόρα. Επιπλέον, με τη χρήση GPS, τόσο στα απορριμματοφόρα αλλά και στους ίδιους τους κάδους θα μπορεί να έχει πλήρη έλεγχο για μια σειρά στοιχείων που βοηθάνε στην αποδοτικότερη λειτουργία της υπηρεσίας.
- ✓ Η χρήση ψηφιακού χαρτογραφικού υποβάθρου, δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να παρακολουθεί τα επίπεδα πληρότητας των κάδων, τόσο σε επίπεδο κάδων όσο και σε ζωνών αποκομιδής, ανά πάσα στιγμή. Έτσι επιτυγχάνεται η αποκομιδή των απορριμμάτων σε συγκεκριμένο ποσοστό πληρότητας που μπορεί να ορίσει ο ίδιος ο χρήστης (π.χ. πάνω από 80%).



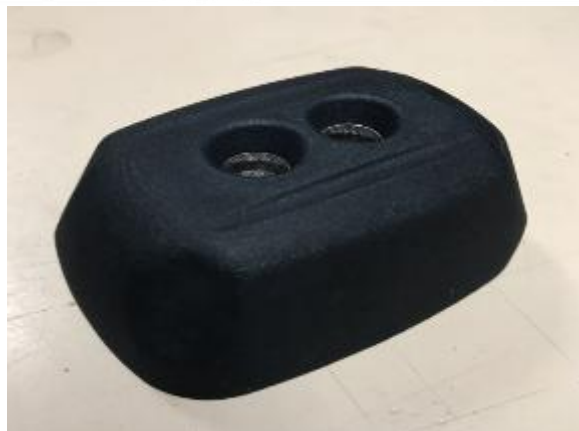
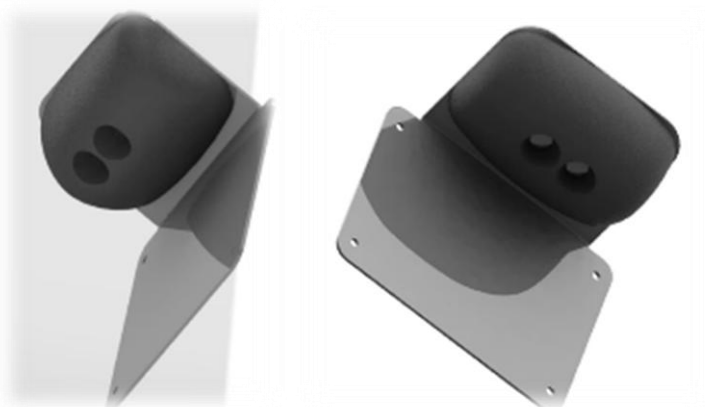
Σχήμα 18. Αποτύπωση χαρτογραφικού υποβάθρου

- ✓ Οι υπηρεσίες cloud δίνουν τη δυνατότητα πρόσβασης από οποιοδήποτε σημείο στον κόσμο δεδομένου ότι προκειται για web εφαρμογή χωρίς εγκαταστάσεις.
- ✓ Η εξαγωγή στατιστικών στοιχείων και αναφορών που θα αξιολογούν την απόδοση και την αποτελεσματικότητα των δρομολογίων, τη συχνότητα υπερχειλίσης των απορριμμάτων κ.α. προσδίδοντας ευελιξία στο χρήστη και υποδεικνύοντας τις περιοχές που χρήζουν βελτίωσης, μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα.

- ✓ Η παροχή ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης συσκευών, καταχώρησης των κάδων, των απορριμματοφόρων, των οδηγών καθώς και των σημείων εκκίνησης και ολοκλήρωσης ενός δρομολογίου και, τέλος, παράδοσης των απορριμμάτων στους τελικούς προορισμούς (ΧΥΤΑ, Μονάδα Ανακύκλωσης κλπ).
- ✓ Η ανάθεση δρομολογίων μέσω tablet δίνει τη δυνατότητα στους οδηγούς να έχουν ανα πάσα στιγμή ενημέρωση για το βέλτιστο δρομολόγιο που πρέπει να ακολουθήσουν με δυνατότητα αποστολής μηνυμάτων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των οδηγών και του διαχειριστή της πλατφόρμας.
- ✓ Η δυνατότητα «φιλτραρίσματος» ανάλογα με την κατηγορία κάδων (πχ μπλε, πράσινους, καφέ), τις γεωγραφικές περιοχές, το επίπεδο πληρότητας κλπ., καθώς και η δυνατότητα αναζήτησης του χρήστη με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που έχει.
- ✓ Ολοκληρωμένες Υπηρεσίες διαχείρισης στόλου (fleet management). Καθημερινή παρακολούθηση των φορτηγών και όλων των λειτουργιών τους, της συμπεριφοράς των οδηγών, της κατανάλωσης καυσίμων, ελαχιστοποιώντας κόστη συντήρησης και επισκευής.

3.1.2 Σχεδίαση και hardware έξυπνης συσκευής

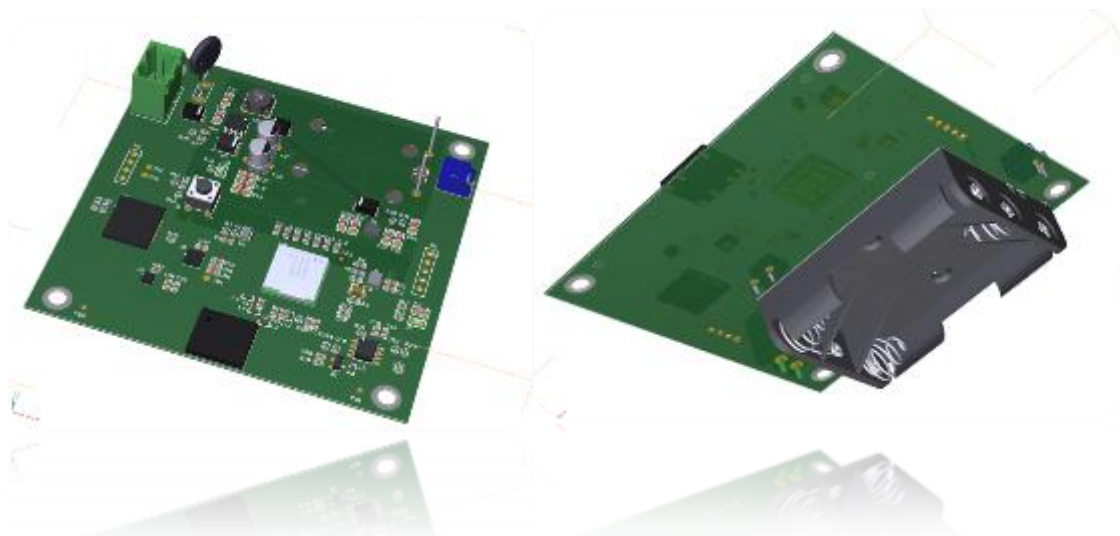
Η έξυπνη συσκευή θα σχεδιαστεί για να τοποθετείται στο εσωτερικό τοιχείο των κάδων απορριμμάτων για την παρακολούθηση της στάθμης πλήρωσης. Το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα θα είναι αμελητέο και θα ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις από τη ροή των αποβλήτων στο περιβάλλον. Λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο του δοχείου που πρόκειται να εγκατασταθεί, η συσκευή θα ρυθμιστεί ώστε να λειτουργεί με ακρίβεια. Η συσκευή θα παρέχει πολλαπλούς τύπους ειδοποιήσεων που μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν. Άμεσες ειδοποιήσεις θα αποστέλλονται και θα κοινοποιούνται σε πραγματικό χρόνο συμβάντος σε περίπτωση ανατροπής, πλήρωσης, απομάκρυνσης του κάδου από το καθορισμένο σημείο του ή σε περίπτωση πυρκαγιάς. Για να μπορέσουν τα παραπάνω να είναι εφικτά, η έξυπνη συσκευή αποβλήτων θα εξοπλιστεί με τέσσερις διαφορετικούς τύπους αισθητήρων: Αισθητήρες υπερήχων διπλού κλειστού τύπου για παρακολούθηση στάθμης πλήρωσης, επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων για την ανίχνευση εάν ο κάδος ανατραπεί θερμόμετρο για ανίχνευση θερμοκρασίας του κάδου και πιθανή πυρκαγιά στον κάδο απορριμμάτων και GPS για την τοποθέτηση του κάδου απορριμμάτων.



Σχήμα 19. Hardware έξυπνης συσκευής

Λόγω της ανάγκης για αξιόπιστη και ασφαλή επικοινωνία, θα αναπτυχθεί υψηλό επίπεδο ασφάλειας με βάση την κρυπτογράφηση δεδομένων, διατηρώντας την απόδοση ισχύος με σύγχρονα σχεδιαστικά προγράμματα (LoRa, GPRS / EDGE, 3G, FDD – LTE, NBIoT). Σε περίπτωση διακοπής της υπηρεσίας δικτύου, τα δεδομένα θα αποθηκεύονται και θα μεταδίδονται κατά την επαναφορά της υπηρεσίας. Η τοποθέτηση της συσκευής θα είναι εφικτή σε κάδους διαφόρων μεγεθών, υπέργειους ή υπόγειους. Επιπλέον, θα είναι ανθεκτική σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (από -30°C έως 85°C), αφού θα είναι κατασκευασμένη από στιβαρό περίβλημα πολυαμιδίου ενισχυμένο με ίνες γυαλιού με μεγάλη αντίσταση.

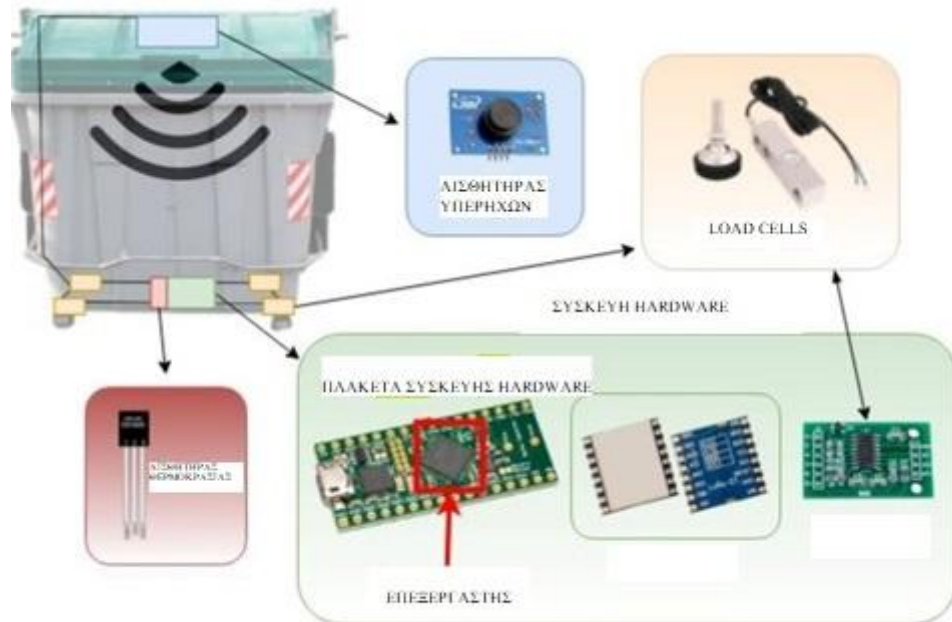
Η έξυπνη συσκευή θα σχεδιαστεί για την παρακολούθηση του επιπέδου πλήρωσης σε κάδους και δοχεία με χρήση τεχνολογίας υπερήχων. Οι αισθητήρες μεταφέρουν δεδομένα μέσω όλων των διαθέσιμων επί του παρόντος δικτύων IoT και/ή GPRS, παρακολουθώντας όλους τους τύπους απορριμμάτων σε κάδους και δοχεία διαφορετικών μεγεθών. Τέλος, θα χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανθεκτικότητα στο νερό και στους κραδασμούς και θα περιλαμβάνει συναγερμό πυρκαγιάς, αναγνώριση κλίσης και άλλα χαρακτηριστικά.



Σχήμα 20. Πλακετα έξυπνης συσκευής.

Το Σχήμα 21 δείχνει τη θέση κάθε μονάδας μέσα στο δοχείο, και τους αισθητήρες και τους microcontrollers που χρησιμοποιούνται. Η συσκευή hardware μαζί με τον αισθητήρα θερμοκρασίας βρίσκονται στο κάτω μέρος, και τα load cells που μετρούν το βάρος των αποβλήτων βρίσκονται στη βάση του κάδου. Το μόνο στοιχείο που βρίσκεται στο πάνω

μέρος του κάδου είναι ο αισθητήρας υπερήχων που μετρά τον εκτιμώμενο όγκο αποβλήτων.



Σχήμα 21. Απεικόνιση της θέσης της συσκευής και των αισθητήρων





Σχήμα 22. Εγκατάσταση και απεικόνιση ορθής θέσης τοποθέτησης στο πεδίο συσκευής αισθητήρα για την μέτρηση σε πραγματικό χρόνο όγκο αστικών λυμάτων, πειραματική προσέγγιση μέτρησης όγκου αστικών λυμάτων

Η συσκευή αισθητήρα, θα αποτελεί ένα μέρος μιας διευρυμένης χρήσης πολλαπλών συσκευών αισθητήρων για τη δημιουργία ενός IoT Grid συσκευών που θα μετρούν τη στάθμη και τον όγκο των αστικών αποβλήτων με στόχο την παρακολούθηση, την καταμέτρηση και τέλος τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας συγκομιδής αυτών επηρεάζοντας σημαντικά το οικολογικό αποτύπωμα και γενικότερα το αστικό τοπίο του Δήμου εφαρμογής.

Η συσκευή αισθητήρα είναι εφοδιασμένη με ένα μεγάλο πλήθος ηλεκτρονικών αισθητήρων, τύπου IC (ολοκληρωμένων κυκλωμάτων) έτσι ώστε να μπορεί να ενημερώνει την εφαρμογή λογισμικού με πραγματικές φυσικές μετρήσεις, (θερμοκρασία, υγρασία, γυροσκόπιο, επικλινόμετρο, αισθητήρα υπερήχων, συστημα γεω-εντοπισμού GPS κ.α.), δεδομένα τα οποία θα επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο στο σύννεφο (Cloud) για την εξαγωγή συμπερασμάτων που θα σχετίζονται με: (α) την κατάσταση του κάδου περισυλλογής (πτώση, κλοπή, φωτιά κ.α), (β) την κατάσταση των απορριμμάτων (υπερχείλιση απορριμμάτων, μεγάλο χρονικό διάστημα με μικρό όγκο απορριμμάτων, εστίες έντονης σήψης απορριμμάτων κ.ά.), και (γ) ενημέρωση του συστήματος εφαρμογής για τη συμμετοχή σε δρομολόγιο περισυλλογής. Η συσκευή αισθητήρα είναι επίσης εφοδιασμένη με σύστημα αδιάλειπτης επικοινωνίας με σύστημα NB-IoT, πολλαπλών Nodes, εκμεταλλευόμενη την κυψελοειδή πανελλαδική κάλυψη που προσφέρουν οι

πάροχοι κινητής τηλεφωνίας, σε συνδυασμό την πολύ μικρή κατανάλωση ισχύος που προσφέρει το συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας για εφαρμογές IoT, Smart Cities.

Στο Δήμο πειραματικής εφαρμογής στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, υπάρχουν 2 διαφορετικοί τύποι κάδων σύμμεικτων απορριμμάτων (πράσινοι κάδοι) και ανακυκλώσιμων απορριμμάτων (μπλε κάδοι) που κατηγοριοποιούνται με βάση την χωρητικότητα σε όγκο απορριμμάτων: (α) Όγκος 1100 L, Βάρος 51 kg, Ωφέλιμο φορτίο 520 kg, Συνολικό Ύψος 1300 mm, Βάθος 1030 mm και (β) Όγκος 360 L, Βάρος 22 kg, Ωφέλιμο φορτίο 144 kg, Α Ύψος μέχρι την επάνω κόγχη 1040 mm. Η εγκατάσταση των κάδων στο αστικό περιβάλλον πραγματοποιείται με βάση την πυκνότητα των οικοδομών - κατοικιών, την μονοδρόμηση των οδικών αρτηριών - δρόμων (διευκόλυνση διαδικασίας περισυλλογής) καθώς και τη συχνότητα γεμίσματος. Αναφορικά με το τελευταίο, και εδώ είναι η σημαντικότητα της χρήσης της συγκεκριμένης υλοποίησης της εφαρμογής, ο μέχρι τώρα σχεδιασμός της περισυλλογής των αστικών απορριμμάτων σχεδιάζονταν κεντρικά και μια φορά το χρόνο, συνήθως κατά την έναρξη του έτους, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται περιπτώσεις εποχικότητας (μεγαλύτερη παραγωγή αστικών αποβλήτων κατά τη διάρκεια των εορτών (Πάσχα - Χριστούγεννα), λιγότερη παραγωγή αστικών αποβλήτων κατά τη διάρκεια καλοκαιρινής περιόδου σε μη τουριστικές περιοχές). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολλά από τα απορριμματοφόρα οχήματα να ολοκληρώνουν την προσχεδιασμένη διαδρομή περισυλλογής με πληρότητα 50-60%. Πιο συγκεκριμένα, για την πληρότητα των απορριμματοφόρων οχημάτων, ισχύει προσεγγιστικά:

A/A	Τύπος Απορριμματοφόρου	Πληρότητα κάδων (<= 95%)
1	Όχημα 5T - Μήλος	100-115 Κάδοι 1100 L
2	Όχημα 5T - Πρέσσας	122-135 Κάδοι 1100 L

Γραμμικές αντιστοιχίες προκύπτουν για περιπτώσεις οχημάτων τύπου 3T και για κάδους τύπου 360 L.

Για την πειραματική διαδικασία κατασκευάστηκε μια συσκευή αισθητήρα η οποία τοποθετήθηκε σε κάδο ανακυκλώσιμων απορριμμάτων (Όγκος 1100 L). Το σενάριο χρήσης που προκρίθηκε για την ορθή συλλογή μετρήσεων πεδίου (κατειλημμένος όγκος στο εσωτερικό του, κατάσταση κάδου, γεωεντοπισμός), καθώς επίσης και για την μεγαλύτερη διάρκεια της εσωτερικής μπαταρίας του αισθητήρα, οι μετρήσεις για κάθε συσκευή ορίστηκαν ως τρεις κάθε ημέρα. Με αυτό τον τρόπο για κάθε κάδο απορριμμάτων αποθηκεύεται σε βάθος χρόνου ένας καλό δείγμα για περαιτέρω ανάλυση εξαγωγής σύνθετων συμπερασμάτων. Επιπρόσθετα, σε καθημερινή βάση υπάρχει εποπτεία της κατάστασης του κάδου έτσι ώστε ο αλγόριθμος δρομολόγησης να γνωρίζει εάν θα συμπεριληφθεί στην επόμενη διαδικασία περισυλλογής. Η συγκεκριμένη χρήση οδηγεί σε εξατομικευμένη διαδικασία περισυλλογής με εξαιρετικά πλεονεκτήματα εξοικονόμησης κονδυλίων τόσο από τα καύσιμα με ορθολογική χρήση των οχημάτων περισυλλογής όσο και του ανθρώπινου δυναμικού των υπηρεσιών αναφοράς.

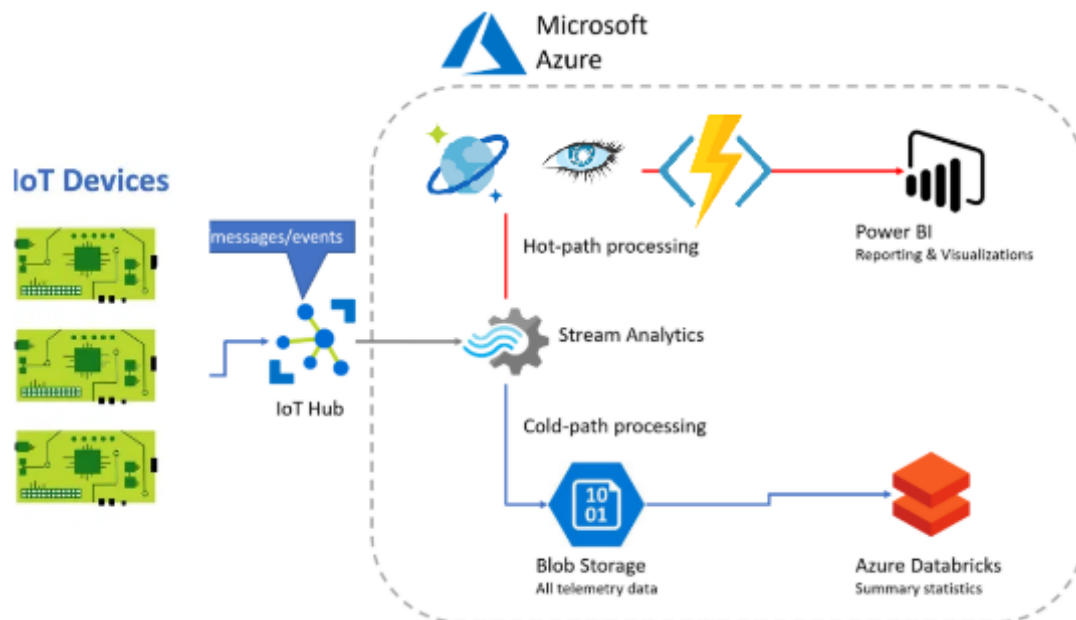


Σχήμα 23. Αρχιτεκτονική εφαρμογής - αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων

Όπως προαναφέρθηκε, η συσκευή αισθητήρα αποτελεί ένα κομμάτι ενός διευρυμένου δικτύου IoT το οποίο θα μεταφέρει δεδομένα μετρήσεων πεδίου στην Back-Office εφαρμογή λογισμικού για περαιτέρω ανάλυση και εποπτεία. Οι τρεις μετρήσεις που

λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας πραγματοποιούνται σε συγκεκριμένο Timestamp που καθορίζεται από το λογισμικό.

Τα δεδομένα λαμβάνονται ως Row Data τα οποία και αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων τύπου Time-Series BigData. Εκτός από επείγουσα ενημέρωση για περιπτώσεις όπως κλοπή - καταστροφή του κάδου απορριμμάτων (Hot Path processing) όλα τα υπόλοιπα δεδομένα αποθηκεύονται (Cold- Path Processing) σε Big Data βάση δεδομένων προκειμένου να αναλυθούν σε δεύτερο χρόνο και ασύγχρονα τα δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν από τον αλγόριθμο δημιουργίας του βέλτιστου δρομολογίου με το μικρότερο δυνατό πλήθος οχημάτων απορριμματοφόρων καθώς και μελλοντική χρήση σε συστήματα BI εξαγωγής συμπερασμάτων και ανάλυσης.



Σχήμα 24. Σύστημα Τηλεμετρίας

3.1.3 Επιτεύξιμοι στόχοι από την συνεχή χρήση της

Είναι σαφές, ότι η χρήση μιας τέτοιας εφαρμογής μπορεί να οδηγήσει στην επίτευξη των περισσότερων αν όχι όλων των στόχων που θέτονται από τον εκάστοτε Δήμο εν ευθέτω χρόνο. Η εφαρμογή σε πρώτο στάδιο εξυπηρετεί τους παρακάτω στόχους:

- Ένα από τα σημαντικότερα, αν όχι το σημαντικότερο, οφέλη από τη χρήση της έξυπνης εφαρμογής είναι αποδεδειγμένα η μείωση των εκπομπών CO₂.
- Από την πρώτη στιγμή, ο χρήστης μπορεί να έχει την πλήρη εικόνα για όλες τις εργασίες διαχείρισης και αποκομιδής απορριμμάτων, όπως και τον πλήρη έλεγχο για όποιες διορθωτικές κινήσεις πρέπει να γίνουν επάνω σε αυτές, προσφέροντας έτσι οφέλη μείωσης κόστους και αποτελεσματικών αποφάσεων.
- Μέσω του υπολογισμού των συντομότερων διαδρομών μειώνεται η απόσταση που διανύουν τα απορριμματοφόρα και ο αριθμός των στάσεων, αποκλείοντας από τα δρομολόγια τους κάδους που δεν έχουν επαρκή πληρότητα βάσει των κριτηρίων πληρότητας που έχει θέσει ο Δήμος.
- Προκειμένου να συλλεχθούν οι κάδοι που είναι σε υψηλό επίπεδο πληρότητας υπολογίζεται ο απαραίτητος αριθμός απορριμματοφόρων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν με αποτέλεσμα την αξιοποίηση του διαθέσιμου στόλου οχημάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης, μέσω της μέγιστης αποδοτικότητας που επιτυγχάνεται από τη διαχείριση του στόλου των οχημάτων και του εξοπλισμού καθαριότητας.
- Υπολογισμός βελτιστων διαδρομών με απευθείας και online ανάθεση στους οδηγούς μέσω tablet, με τη βοήθεια ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης συσκευών (Device Management System).

3.2 Ποιοτικά Στοιχεία

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για την πειραματική διαδικασία κατασκευάστηκε μια συσκευή αισθητήρα η οποία τοποθετήθηκε σε κάδο ανακυκλώσιμων απορριμμάτων. Από τις μετρήσεις που συλλέχθηκαν για ένα εύλογο χρονικό διάστημα 7 μηνών προέκυψε ότι η μείωση στις ώρες οδήγησης άγγιξε το 3%. Το αντίστοιχο ποσοστό στις διαδρομές δεν ήταν ιδιαίτερος μεγάλο και αυτό γιατί το πειραματικό μέγεθος είναι πολύ μικρό σε σχέση με τον πραγματικό αριθμό των κάδων. Όσον αφορά τις εκπομπές CO₂ για Δήμους όπως ο Δήμος Αμπελοκήπων – Μενεμένης για ετήσιες κανονικές δραστηριότητες δίνει παραγωγή 254 kg CO₂ eq/κάτοικο. Με την χρήση της εφαρμογής παρατηρήθηκε μείωση 10% στις εκπομπές άρα 228 kg CO₂ eq/κάτοικο. Σαφώς και η τοποθέτηση περισσότερων

αισθητήρων σε περισσότερους κάδους θα μπορέσουν να δώσουν σαφέστερα και λεπτομερέστερα στοιχεία και αποτελέσματα αποδοτικότητας της εφαρμογής.

4 Συμπεράσματα – Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Συμπερασματικά, τα οφέλη της μετάβασης σε μια κοινωνία με γνώμονα την κυκλική οικονομία αξιοποιώντας πόρους ως προς το όφελος των ανθρώπων αλλά και του περιβάλλοντος, είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η μείωση των εκπομπών CO₂, το μειωμένο κόστος διαχείρισης αποβλήτων, η βελτίωση της προσφοράς πρώτων υλών, η τόνωση της καινοτομίας και η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Με τη διατήρηση των υλικών και την επιστροφή των αποβλήτων στην παραγωγική διαδικασία είναι δεδομένη η μείωση της ζήτησης για πρώτες ύλες. Αυτό συνεπάγεται μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές και μείωση της ευπάθειας των βιομηχανιών από τη διακύμανση των τιμών ή την ανασφάλεια του εφοδιασμού που προκαλείται από την εξάντληση των πόρων, την έλλειψή τους ή και άλλους γεωπολιτικούς σύνθετους παράγοντες. Σύμφωνα με τους Kirchherr et al. (2020), υπάρχουν ακόμα κάποια εμπόδια στην Ευρωπαϊκή Ένωση ως προς την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας. Πολιτισμικοί φραγμοί (έλλειψη ενδιαφέροντος καταναλωτών, διστακτική εταιρική κουλτούρα που προκαλείται από εμπόδια στην αγορά, ασυνεπή κυβερνητική παρέμβαση με στόχο την επιτάχυνση της ταχύτητας μετάβασης προς την κυκλική οικονομία κ.α.).

Όσον αφορά το θέμα που πραγματεύεται η εν λόγω εργασία, σαφώς οι στόχοι πρέπει να εντοπισθούν και να μελετηθούν έτσι ώστε να δώσουν το πλέον επιθυμητό αποτέλεσμα. Στη λογική αυτή, είναι απαραίτητη η από κοινού συμμετοχή όλων (Κυβέρνηση, Επιχειρηματικός κλάδος, πολίτες) με συλλογική και ατομική ευθύνη και ευαισθητοποίηση.

Στην επίτευξη των παραπάνω συμβάλει η έξυπνη εφαρμογή η οποία:

- Θα δώσει κίνητρο στους πολίτες για διαχωρισμό των απορριμμάτων στην πηγή.
- Θα παρέχει δυναμικές μετρήσεις την ώρα της συλλογής κάθε κάδου απορριμμάτων.
- Θα έχει μοναδική ετικέτα RFID για κάθε κάδος απορριμμάτων.
- Θα δίνει ακρίβεια αποτελεσμάτων.

- Θα κάνει χρήση δεδομένων για την παροχή πληροφοριών και KPI σχετικά με την παραγωγή και τον τύπο αποβλήτων ανά κάδο απορριμμάτων, τη γειτονιά, την κοινότητα, την χρονική περίοδο κ.λπ.
- Θα παρέχει έξυπνο σχεδιασμό και προγραμματισμό διαδρομών.
- Θα δίνει δυνατότητα σύγκρισης του πραγματικού φορτίου φορτηγού με το μετρούμενο φορτίο υγειονομικής ταφής.
- Θα ανταποκρίνεται στο 100% των αναγκών των χρηστών προσδίδοντας χρηστικότητα και αξιοπιστία.

Δεδομένων όλων των παραπάνω, όπου παρουσιάζεται ουσιαστικά το αποτέλεσμα της ευαισθητοποίησης – ενημέρωσης των Ελλήνων πολιτών σε σχέση με τον μέσο όρο των Ευρωπαίων πολιτών, καθιστάται πλέον επιτακτική η ανάγκη ουσιαστικών κινήσεων ως προς την επίτευξη των στόχων όλων των εμπλεκόμενων φορέων αλλά και φυσικά των πολιτών.

Η έξυπνη εφαρμογή είναι ο κινητήριος μοχλός, είναι η επαγρύπνηση που έχουν ανάγκη οι εργαζόμενοι στους Δήμους και οι πολίτες για μια συντονισμένη προσπάθεια ανακύκλωσης – επαναχρησιμοποίησης των απορριμμάτων με στόχο την καλύτερευση του βιωτικού επιπέδου και φυσικά την προστασία του περιβάλλοντος.

Είναι συλλογική αλλά και προσωπική πλέον η ευθύνη, η οποία θα αποτελέσει τον καθοριστικότερο παράγοντα για την διατήρηση ενός πλανήτη καθαρού, ασφαλούς για εμάς τους ίδιους ως μονάδες αλλά και για το κοινωνικό σύνολο εν γένει.

Μελλοντικός στόχος είναι η εμπορική διάθεση της έξυπνης εφαρμογής τόσο σε επίπεδο Δήμων και Περιφερειών αλλά και σε επίπεδο ιδιωτικών επιχειρήσεων, φορέων κλπ. Για την επίτευξη των παραπάνω, είναι βέβαιη η ολοκλήρωση του λογισμικού και η πιλοτική του εφαρμογή σε ένα αξιολογικό αριθμό κάδων για την συλλογή δεδομένων και την μεταγενέστερη βελτίωση του αξιολογώντας τα εξαγόμενα Data. Με τα απαραίτητα δεδομένα και με την βοήθεια της αρμόδιας υπηρεσίας θα γίνει η τελική διαμόρφωση της εφαρμογής έτσι ώστε να μπορεί να είναι κατά το δυνατότερο αποδοτική. Φυσικά, επειδή το πεδίο εφαρμογής είναι δυναμικό, αντίστοιχα δυναμική θα είναι και η έξυπνη εφαρμογή η οποία και θα αξιολογείται – ενημερώνεται – διορθώνεται ως προς όφελος του «πελάτη» αλλά και εν κατακλείδι του γενικού κοινωνικού συνόλου και κατ' επέκταση του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. M.I. Aceleanu, A. C. Şerban, M. C. Suci, T. I. Biţoiu (2019). The Management of Municipal Waste through Circular Economy in the Context of Smart Cities Development.
2. Κυκλική οικονομία: Ένα νέο οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης (ΕΚΤ), Τευχος 115, Μάρτιος – Μάιος 2019.
3. Nikolaou, I.E., Jones, N. & Stefanakis, A. Circular Economy and Sustainability: the Past, the Present and the Future Directions. *Circ.Econ.Sust.* 1, 1–20 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00030-3>.
4. L.F. Diaz, (2017). Waste management in developing countries and the circular economy.
5. Folianto F., Sheng Low Y., Leong Yeow W., (2015). Smartbin: Smart waste management system.
6. Kirshna Shyam G., Sunilkumar S., Bharti P., (2017). Smart waste management using Internet-of-Things (IoT).
7. Chowdhury B., Chowdhur M., (2007). RFID-based real-time smart waste management system.
8. Levaggi, L., Levaggi, R., Marchiori, C., Trecroci, C. (2020). Waste-to-Energy in the EU: The Effects of Plant Ownership, Waste Mobility, and Decentralization on Environmental Outcomes and Welfare.
9. Barles, S. (2014). History of Waste Management and the Social and Cultural Representations of Waste. In: *The Basic World Environmental History*. Springer International Publishing.
10. Amasoumo, E., Baird, J. (2016). The Concept of Waste and Waste Management. *Journal of Management and Sustainability*.
11. Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. (2018). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of cleaner production*.
12. Γλουστιάνου Κ., (2017). «Περιβαλλοντική και οικονομική ανάλυση των τοπικών σχεδίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων στο δήμο Λαμιέων» Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
13. Mwangi, M. W., & Thuo, A. D. M. (2014). Towards conceptual and theoretical foundation for identifying problems, challenges and mechanisms for municipal waste management in developing countries.
14. Μοσιόπουλος Ν. (1999). Ανακύκλωση, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
15. Aktemur I., Erensoy K., Koçyiğit E. (2020). Optimization of Waste Collection in Smart Cities with the use of Evolutionary Algorithms.

16. Kaza, S. et al. (2018), What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development, Washington, UK. World Bank.
17. Kirchherr J., Piscicelli L., Bour R., Kostense-Smit E., Muller J., Huibrechtse-Truijens A., Hekkert M. (2018). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU).
18. Adler, L. (2016), How smart city Barcelona brought the Internet of Things to life. Διαθέσιμο στη δ/νση: <https://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/how-smart-citybarcelona-brought-the-internet-of-things-to-life-789>.
19. Ogleby, G. (2018), 7 ways that Barcelona is leading the smart city revolution. Διαθέσιμο στη δ/νση: <https://www.edie.net/news/7/Seven-ways-that-Barcelona-is-leading-thsmart-city-revolution/>.
20. Green Agenda, Eco Life, (2018) Έξυπνοι αισθητήρες σε υδρόμετρα και κάδους απορριμμάτων στα Τρίκαλα. Διαθέσιμο στη δ/νση: <http://greenagenda.gr/έξυπνοιαισθητήρες-σε-υδρόμετρα-και-κ>
21. Epirus News, (2015) Ο Δήμος Ιωαννιτών κάνει ένα ουσιαστικό βήμα στη στρατηγική της «έξυπνης πόλης» με την εφαρμογή πρωτοπόρου προγράμματος διαχείρισης απορριμμάτων. Διαθέσιμο στη δ/νση: <https://www.epirusnews.eu/o-dimos-ioannitonkani-ena-ousiastiko-vima-sti-stratigiki-tis-exipnis-polis-me-tin-efarmogi-protoporouprogrammatis-diachirisis-aporrimmaton>
22. Μαυροπούλου, Ν. (2016), Η συλλογή των απορριμμάτων στα πλαίσια μιας έξυπνης πόλης. Περιοδικό Water and Waste, Τεύχος 83, σελ. 12-13. Διαθέσιμο στη δ/νση : <https://www.water-waste.com/περιοδικό/-83.html>
23. Σύνοδος κορυφής Παρίσι 1970 (EUR – Lex).
24. Συνθήκη του Μαστριχτ (EUR – Lex).
25. Συνθήκη του Άμστερνταμ (EUR – Lex).
26. Συνθήκη της Λισαβόνας (EUR – Lex).
27. Eurostat, 2016a, ‘Waste database municipal waste’ (http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasmun&lang=en), accessed 1 September 2016. & Eurostat, 2016b, ‘Waste database generation of waste’ (http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en), accessed 1 September 2016.
28. EC, 2015, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2008/98/EC on waste (COM(2015) 595 final of 2 December 2015).
29. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>
30. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=legisum:l21208>
31. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0012>
32. <http://www.atlas.d-waste.com/>
33. <http://wasteatlas.diktiofodsa.gr/>
34. <https://www.ampelokipi-menemeni.gr/municipality/profil-profil/>

35. <http://www.eea.europa.eu/themes/waste/municipal-waste/municipal-waste-management-across-european-countries/table-3-1-municipal-solid>

[1] Directive 2008/98/EC Directive 2008/98/EC on Waste (Waste Framework Directive)– Environment; European Commission: Brussels, Belgium, 2008

[2] Municipal Waste Statistics. Statistics Explained; Eurostat: Bruxelles, Belgium, 2018.

Υπέθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.