



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Διπλωματική Εργασία.**

**Βελτιστοποίηση της διαχείρισης στερεών αποβλήτων με τη χρήση  
έξυπνων λογισμικών**

**ΟΝΟΜΑ: Δημήτριος**

**ΕΠΩΝΥΜΟ: Γεωργάκης**

**ΑΜ: 04421**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. Παπαποστόλου Χριστιάνα**

**ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023**



**University Of West Attica**

**Department of Engineering**

**Master Thesis**

**Solid waste management optimisation using smart software**

**Name: Dimitris**

**Surname: Georgakis**

**Registration number: 04421**

**Supervisor: Dr Christiana Papapostolou**

**EGALEO, OCTOBER 2023**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Βελτιστοποίηση της διαχείρισης στερεών αποβλήτων με τη χρήση  
έξυπνων λογισμικών.**

**Μέλη εξεταστικής επιτροπής**

<b>Όνοματεπώνυμο</b>	<b>Ιδιότητα</b>	<b>Ψηφιακή υπογραφή</b>
<b>Παπαποστόλου Χριστιάνα</b>	<b>Επίκουρη καθηγήτρια</b>	
<b>Καββαδίας Κοσμάς</b>	<b>Αναπληρωτής καθηγητής</b>	
<b>Ζαφειράκης Δημήτριος</b>	<b>Επίκουρος καθηγητής</b>	

## Δήλωση συγγραφέα διπλωματικής εργασίας

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γεωργάκης Δημήτριος του Αποστόλου, με αριθμό μητρώου 512004421 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, κ. Παπαποστόλου Χριστιάνα, για τις χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις που παρείχε κατά την πορεία της συγγραφής της παρούσας εργασίας. Επίσης, εκφράζω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τους αγαπητούς γονείς μου, Ευμορφία και Απόστολο, καθώς και προς τον αδελφό μου, Σπυρίδων, για την αμέριστη υποστήριξή τους στις σπουδές μου. Επιπλέον, δεν μπορώ να παραλείψω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τους αγαπητούς μου φίλους και όλα τα άτομα που ήταν δίπλα μου κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Τέλος, αισθάνομαι πραγματικά ευγνώμων για την πολύτιμη παροχή γνώσεων που μου παραχωρήθηκαν από το σύνολο του εκπαιδευτικού προσωπικού του πανεπιστημίου.

## Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Εισαγωγή.....	16
1.1 Σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας.....	16
1.2 Δομή της εργασίας.....	16
Κεφάλαιο 2ο: Ορισμοί, ιστορική αναδρομή και νομοθεσία της διαχείρισης αποβλήτων .....	18
2.1 Ιστορική Αναδρομή.....	22
2.2 Εταιρίες πρωτοπόροι στην ενσωμάτωση έξυπνων λογισμικών.....	24
2.3 Έξυπνη διαχείριση αποβλήτων και νομοθετικό πλαίσιο .....	25
2.3.1 Νομοθεσία που συμβάλλει στον εκσυγχρονισμό του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων.....	25
2.3.2 Αδυναμία της Ελλάδας στη μέχρι τώρα αντιμετώπιση προβλημάτων και επίτευξη στόχων .....	28
2.3.3 Στόχοι της ΕΕ που συνδέονται έμμεσα με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων .....	31
Κεφάλαιο 3ο: Έξυπνα λογισμικά- Εφαρμογές στη διαχείριση αποβλήτων .....	35
3.1 Παρουσίαση έξυπνων λογισμικών και τρόποι βελτιστοποίησης.....	37
3.1.1 Εφαρμογές στις οποίες θα έχουν πρόσβαση οι πολίτες .....	38
3.1.2 Λογισμικά GIS και RFID.....	40
3.2 Παρουσίαση του εξοπλισμού που θα φιλοξενεί τα έξυπνα λογισμικά.....	44
3.2.1 Συμπιεστής Απορριμμάτων τροφοδοτούμενος από ηλιακή ενέργεια (φωτοβολταϊκά) .....	44
3.2.2 Υπόγειοι κάδοι απορριμμάτων .....	45

3.2.3 Κάδοι “ΑΤΜ” ανακύκλωσης ηλεκτρικών συσκευών.....	46
3.2.4 Κάδοι διαχωρισμού απορριμμάτων .....	46
3.2.5 Σωλήνες αναρρόφησης κενού .....	46
3.3 Παρουσίαση αρχιτεκτονικής έξυπνων συστημάτων διαχείρισης .....	47
3.3.1 Κάδος απορριμμάτων με λειτουργία αυτόματης συμπίεσης και αισθητήρες πλήρωσης .....	47
3.3.3 Ποσοστό πλήρωσης σε κάδους «ΑΤΜ» .....	50
3.3.4 Κάδοι αυτόματου διαχωρισμού .....	50
3.3.5 Έξυπνο σύστημα αναρρόφησης κενού .....	51
3.3.6 GIS, RFID & Εφαρμογές ανοιχτές στους πολίτες.....	51
3.3.7 Αποκομιδή πόρτα-πόρτα (door to door) με την βοήθεια εφαρμογών.....	52
3.4 Παρουσίαση κριτηρίων.....	64
Κεφάλαιο 4ο: Πρακτικές ανά τον κόσμο και η κατάσταση της Ελλάδας.....	68
4.1 Παραδείγματα συστημάτων έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων από διάφορα μέρη του κόσμου.....	68
4.2 Παραδείγματα ελληνικών επιχειρήσεων και καινοτομιών στον τομέα των έξυπνων λογισμικών και διαχείρισης .....	73
4.3 Τέτοιου είδους σχέδια είναι απαραίτητο να υλοποιηθούν για να αποφευχθούν καταστάσεις όπως οι παρακάτω.....	81
Κεφάλαιο 5ο: Διαχείριση Αποβλήτων και Κυκλική Οικονομία .....	83
5.1 Οδικός χάρτης 2021.....	83
5.2 Βιομηχανικές περιοχές.....	85

5.3 Διαχείριση αποβλήτων και ανάπτυξη αυτής εντός των βιομηχανικών περιοχών .	86
5.4 Ποια είναι λοιπόν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κυκλικής οικονομίας.....	89
Κεφάλαιο 6ο: Μελέτες εφαρμογής έξυπνων συστημάτων.....	94
6.1 Μελέτη περίπτωσης δήμου: Δήμος Αγίας Παρασκευής .....	94
6.1.1 Δεδομένα Οχημάτων Αποκομιδής.....	95
6.1.2 Κατάσταση Κάδων .....	96
6.1.3 Χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων.....	100
6.2 Αλλαγές που προτείνει το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ).....	101
6.2.1 Καφέ κάδοι και σχέδιο δράσης βιοαποβλήτων .....	101
6.2.2 Μπλε κάδοι συλλογής σύμμεικτων ανακυκλώσιμων .....	104
6.2.3 Κάδοι χωριστής συλλογής γυαλιού (καμπάνες).....	104
6.2.4 Κάδοι χωριστής συλλογής χαρτιού.....	104
6.2.5 Γωνίες ανακύκλωσης και πράσινα σημεία.....	104
6.2.6 Οργανωμένο πλάνο ευαισθητοποίησης και εκμάθησης .....	104
6.3 Προτάσεις για τον Δήμο Αγίας Παρασκευής .....	105
6.3.1 Αντικατάσταση συμβατικών κάδων με έξυπνους βυθιζόμενους .....	105
6.3.2 Εγκατάσταση αισθητήρων πλήρωσης στους ήδη υπάρχοντες συμβατικούς κάδους.....	110
6.3.3 Εγκατάσταση κάδων τύπου BigBelly .....	112
6.3.4 Κινητό πράσινο σημείο χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων .....	114
6.3.5 Συμπέρασμα.....	116



6.4 Μελέτη περίπτωσης πανεπιστημιούπολης Αρχαίου Ελαιώνα Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής .....	118
Κεφάλαιο 7ο: Συζήτηση, Συμπεράσματα και προτάσεις .....	123
7.1 Προτάσεις αντιμετώπισης πιθανών δυσκολιών .....	125
7.1.1 Εγκατάσταση και ασφάλεια των έξυπνων λογισμικών.....	125
7.1.2 Οικονομική απόσβεση επένδυσης .....	126
7.1.3 Εκπαίδευση προσωπικού.....	127
7.1.4 Εκμετάλλευση των βιομηχανικών περιοχών.....	128
7.2 Συμπέρασμα Εργασίας .....	128
Βιβλιογραφία .....	131

### **Πίνακας Εικόνων**

Εικόνα 1: John Romkey και η πρώτη IoT τοστιέρα.....	23
Εικόνα 2: Ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων (Lehmann 2011) .....	27
Εικόνα 3: Συστατικά έξυπνης πόλης (Sorri 2021).....	36
Εικόνα 4: Εφαρμογές προς χρήση από τους πολίτες .....	39
Εικόνα 5: Διαχείριση αστικών στερών αποβλήτων. (Singh, Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal 2019) .....	40
Εικόνα 6: Παραγωγή στερών αποβλήτων. αποβλήτων (Singh, Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal 2019).....	41
Εικόνα 7: Ανάλυση raster. (Firmin 2019) .....	41
Εικόνα 8: Ανάλυση vector. (Firmin 2019) .....	41
Εικόνα 9: Παράδειγμα συστήματος υπόγειων κάδων. (IOTKOVSKA 2021) .....	45
Εικόνα 10:: Κάδος Big Belly (Big Belly 2023).....	47
Εικόνα 11: Διάγραμμα τάσης μπαταρίας/ χρόνου (G. Kumaravel 2022) .....	48
Εικόνα 12: Διάγραμμα στάθμης αποβλήτων εντός του κάδου/ χρόνου (G. Kumaravel 2022).....	49

Εικόνα 13: Πνευματικό σύστημα Σουηδίας (tomonews 2016) .....	70
Εικόνα 14: Κάδοι BigBelly στην Νέα Υόρκη (Poop 2015) .....	71
Εικόνα 15: Σωλήνες συστήματος αναρρόφησης κενού της Einvac στο Wembley Park .....	73
Εικόνα 16: Έξυπνοι βυθιζόμενοι κάδοι (Σύμμεικτων και ανακύκλωσης). (Παρασκευής 2016).....	75
Εικόνα 17: Έξυπνο αυτόνομο σημείο ανακύκλωσης. (Καλλιθέας 2022) .....	78
Εικόνα 18: Κάδος γεμάτος μπάζα και κλαδιά. (Δράμα: Κάδοι γεμάτοι μπάζα και κλαδιά – καταγγελία Χριστόδουλου Μαμσάκου 2019).....	82
Εικόνα 19.....	97
Εικόνα 20.....	97
Εικόνα 21 .....	98
Εικόνα 22.....	99
Εικόνα 23.....	99
Εικόνα 24: Πιλοτικοί καφέ κάδοι στην περιοχή του Κοντοπεύκου .....	103
Εικόνα 25: Πιλοτικοί καφέ κάδοι στην περιοχή Τσακού.....	103
Εικόνα 26: Πιλοτικοί καφέ κάδοι στην περιοχή Αγίου Ιωάννη .....	103
Εικόνα 27: Κάδος Big Belly και λειτουργίες αυτού .....	113
Εικόνα 28: Κάδος Eno Bin (EnoEco 2023).....	118
Εικόνα 29: Κτήριο Α και Βιβλιοθήκη.....	119
Εικόνα 30: Κτήριο Α, Συνεδριακό Κέντρο & Τεχνική Υπηρεσία.....	120
Εικόνα 31: Κτήρια Β & Γ.....	120
Εικόνα 32: Κτήριο Ζ .....	121
Εικόνα 33: Κτήριο Ε & Εστιατόριο .....	121
Εικόνα 34: Διοίκηση .....	121
Εικόνα 35: Μηνύματα κάδου Eno Bin (EnoEco 2023).....	122

## **Κατάλογος Σχημάτων**

Σχήμα 1: Κέντρο ελέγχου έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων .....	20
---	----

Σχήμα 2: Διάγραμμα λειτουργιών έξυπνων λογισμικών.....	52
--	----

### **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1: Έξυπνα συστήματα και βασικά χαρακτηριστικά αυτών .....	53
Πίνακας 2: Ανάγκες του δήμου για εφαρμογή συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων. ....	102
Πίνακας 3: Υφιστάμενη κατάσταση και προτάσεις.....	117

## Περίληψη

Η αύξηση της παραγωγής προϊόντων και συμπερασματικά, παραγωγής αποβλήτων ανά τον κόσμο, έχει οδηγήσει τον άνθρωπο στο να αναζητά νέες λύσεις αναφορικά με τον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων. Οι παραδοσιακοί τρόποι διαχείρισης αποβλήτων δεν πληρούν πλέον τις προϋποθέσεις ενός σταθερού, αποτελεσματικού και φιλικού προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο συστήματος που κρίνονται απαραίτητες. Σε αυτό το σημείο λοιπόν, η ψηφιοποίηση των τελευταίων ετών που παρατηρείται σε πολλούς τομείς, όπως η μηχανολογία, έχει την δυνατότητα να προσφέρει τις λύσεις στο ως άνω πρόβλημα που τέθηκε. Με τη χρήση της ψηφιοποίησης, της τεχνητής νοημοσύνης και του διαδικτύου των πραγμάτων, έχουν προκύψει νέες τεχνολογίες που πληρούν τις προαναφερθείσες προϋποθέσεις. Τα έξυπνα λογισμικά διαχείρισης αποβλήτων λοιπόν, έρχονται για να αντικαταστήσουν όλες τις συμβατικές μεθόδους, διευκολύνοντας και ανεβάζοντας ταυτόχρονα επίπεδο το σύστημα διαχείρισης. Τεχνολογίες όπως, έξυπνοι κάδοι που διαθέτουν αισθητήρες πληρότητας και μέτρησης θερμοκρασίας, διαδραστικές εφαρμογές και βελτιστοποίηση διαδρομών των οχημάτων αποκομιδής, είναι κάποια μόνο από τα ως τώρα διαθέσιμα έξυπνα λογισμικά διαχείρισης αποβλήτων. Στην παρούσα διπλωματική θα πραγματοποιηθεί η μελέτη και ανάλυση των έξυπνων συστημάτων, αναφορά στην άμεση σύνδεση τους με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, και μία οικονομική σύγκριση στα πλαίσια υφιστάμενου δήμου και σε χώρο πανεπιστημιούπολης, μεταξύ συμβατικών και έξυπνων συστημάτων, με χρήση πραγματικών δεδομένων.

## **Abstract**

The escalation of global product manufacturing and, consequently, waste production has compelled humanity to seek novel solutions in the realm of waste management. Traditional waste management practices no longer satisfy the prerequisites of a stable, efficient, environmentally sustainable, and socially responsible system, which are now deemed indispensable. Consequently, the recent wave of digitization, pervading various sectors such as mechanical engineering, holds the potential to address the aforementioned challenge. Leveraging digitization, artificial intelligence, and the Internet of Things, innovative technologies have emerged that fulfill the aforementioned requirements. Thus, intelligent waste management software emerges as a trans-formative force, supplanting conventional methods and concurrently streamlining and enhancing the efficacy of waste management systems. Technologies such as intelligent bins, equipped with fill-level sensors and temperature measurement capabilities, interactive applications, and optimized waste collection vehicle routing, represent only a fraction of the intelligent waste management software solutions currently available. In this thesis, an in-depth investigation and analysis of these software applications will be conducted, elucidating their direct integration with the circular economy model, and culminating in an economic comparison within an existing municipality and a university environment, between conventional and intelligent waste management systems, based on empirical data.

## Εισαγωγή

Κάθε χρόνο παράγονται 2.01 δισεκατομμύρια τόνοι στερεών αστικών αποβλήτων σε όλο τον κόσμο, ποσό το οποίο δε σταματάει να αυξάνεται με το πέρασμα του χρόνου. Η ανθρωπότητα οφείλει να αντιμετωπίσει τον ως άνω, ιδιαίτερα αυξημένο όγκο αποβλήτων, με μεθόδους που έχουν τη δυνατότητα να ανταποκριθούν στην πρόκληση.

Οι συμβατικές μέθοδοι διαχείρισης αποβλήτων, όχι μόνο αδυνατούν να ανταπεξέλθουν στην αποτελεσματικότητα που απαιτείται, αλλά και ρυπαίνουν σημαντικά το περιβάλλον κυρίως λόγω των εκκρίσεων αερίων του θερμοκηπίου. Η λύση κρύβεται πίσω από τη ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη του ανθρώπου τα τελευταία χρόνια και πιο συγκεκριμένα την τεχνητή νοημοσύνη και το διαδίκτυο των πραγμάτων. Με την ανάπτυξη των παραπάνω προκύπτουν τεχνολογίες οι οποίες απαντούν σε ερωτήματα “πυλώνες” του τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων όπως το πότε ένας κάδος απορριμμάτων έχει φτάσει το απαιτούμενο επίπεδο αποβλήτων ώστε να χρίζει αποκομιδής, ή ποιά είναι η πιο συμφέρουσα και αποτελεσματική διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει ένα όχημα αποκομιδής.

Οι παραπάνω ερωτήσεις απαντώνται από τα έξυπνα λογισμικά διαχείρισης αποβλήτων, τα οποία ουσιαστικά είναι ένας συνδυασμός της τεχνητής νοημοσύνης και του διαδικτύου των πραγμάτων. Ο κλάδος των έξυπνων λογισμικών αποσκοπεί στην βελτίωση της διαδικασίας συλλογής των αποβλήτων, η οποία είναι ένα από τα κομμάτια του τομέα της διαχείρισης αυτών. Η συλλογή των αποβλήτων είναι ο τομέας στον οποίο έχουν την μεγαλύτερη επίδραση τέτοιου είδους πρακτικές, όπως θα φανεί και στην πορεία της εργασίας. Βασικότερο παράδειγμα είναι η εγκατάσταση αισθητήρων πληρότητας και καταγραφής θεοκρασίας στους κάδους απορριμμάτων. Το εν λόγω έξυπνο λογισμικό προσφέρει πολλές πληροφορίες στο κέντρο ελέγχου που θα το διαχειρίζεται, με κυριότερη από αυτές να είναι ένας χάρτης ο οποίος αναγράφει κάθε κάδο της περιοχής εγκατάστασης και το ποσοστό πληρότητας αυτού. Με αυτόν τον τρόπο το κέντρο ελέγχου, και στη συνέχεια οι οδηγοί των απορριμματοφόρων, γνωρίζουν από ποιους κάδους είναι απαραίτητο να περάσουν ώστε να πραγματοποιηθεί η αποκομιδή τους, εξαλείφοντας τις περιττές διαδρομές που γίνονται όταν δεν υπάρχει γνώση του παραπάνω.

Σε σενάρια που έχει εγκατασταθεί το ως άνω έξυπνο λογισμικό, έχει παρατηρηθεί, η μείωση του αριθμού και του χρόνου των δρομολογίων που πραγματοποιούν τα οχήματα αποκομιδής, γεγονός το οποίο συνεπάγεται την εξοικονόμηση πρώτων υλών και καυσίμων, αλλά και τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Το παραπάνω συμβαίνει με τη χρήση προγραμμάτων τα οποία σαν είσοδο λαμβάνουν τα ποσοστά πληρότητας των προς αποκομιδή κάδων, και σαν έξοδο δίνουν το πιο ιδανικό δρομολόγιο ενός απορριματοφόρου σε πραγματικό χρόνο.

Οι αισθητήρες πληρότητας είναι μόνο ένα από τα πολλά υπάρχοντα έξυπνα λογισμικά στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια της παρούσας εργασίας. Με τη χρήση των εν λόγω λογισμικών προκύπτει λοιπόν η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων. Ο τομέας αυτός όχι μόνο αλλάζει ριζικά τη διαδικασία διαχείρισης, αλλά αναβαθμίζει γενικότερα την εικόνα αλλά και τις συνθήκες διαβίωσης εντός των πόλεων.

Για παράδειγμα η εγκατάσταση υπόγειων κάδων απορριμμάτων και ανακύκλωσης, πέραν του μεγαλύτερου όγκου που μπορούν να διαθέτουν όντας κάτω από το έδαφος, ωραιοποιεί το σημείο συγκριτικά με έναν συμβατικό κάδο ενώ ταυτόχρονα εξαλείφει οποιαδήποτε δυσοσμία ή ενοχλητική για τους πολίτες εικόνα. Επίσης οι πολίτες με αυτό τον τρόπο δεν είναι εκτεθειμένοι σε ασθμαίνεις που μπορεί να αναπτύσσονται σε τέτοια περιβάλλοντα, λόγω του ότι οι εν λόγω κάδοι θα βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της γης και όχι εκτεθειμένοι στο πεζοδρόμιο. Τέλος με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και ασφάλεια των κάδων. Πολλές φορές τέτοιου είδους συστήματα μπορεί να φανούν χρήσιμα και σε άλλους τομείς, όπως για παράδειγμα με τη χρήση αισθητήρων θερμοκρασίας όχι μόνο παρέχεται η θερμοκρασία εντός των κάδων σε πραγματικό χρόνο, αλλά μπορούν να εντοπισθούν πιθανές πυρκαγιές εντός της περιοχής εγκαίρως και να ειδοποιηθεί η πυροσβεστική.

Όπως προαναφέρθηκε, η ψηφιοποίηση ουσιαστικά πολλών μηχανολογικών και όχι μόνο τομέων, οδηγεί σε πληθώρα πιθανών λύσεων που χρησιμοποιούν έξυπνα λογισμικά. Επιπλέον, λόγω του παραπάνω και σε συνδυασμό με τη σοβαρότητα του ζητήματος, παρατηρείται τριβή με το θέμα και σε ακαδημαϊκό επίπεδο ανά τον κόσμο. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να προωθηθεί το πρόβλημα και η ανάγκη εύρεσης λύσεων

ως προς αυτό, ώστε να επιτευχθεί η ευαισθητοποίηση και η εκμάθηση των πολιτών αναφορικά με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων.

Στη συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα πραγματοποιηθεί μία εισαγωγή στην έννοια της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων και θα παρουσιαστούν νομοθετικά πλαίσια τα οποία συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με αυτήν. Προχωρώντας θα παρουσιασθούν τα υπάρχοντα έξυπνα λογισμικά ή γενικότερα έξυπνες λύσεις και παραδείγματα χρήσης αυτών στην Ελλάδα και στον υπόλοιπο κόσμο. Τέλος θα πραγματοποιηθεί μία μελέτη περίπτωσης του δήμου Αγίας Παρασκευής Αττική με πραγματικά δεδομένα αναφορικά με την αναβάθμιση του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων.

**Λέξεις κλειδιά:** Έξυπνη διαχείριση αποβλήτων, απόβλητα, διαχείριση, λογισμικά, αισθητήρες, συστήματα, εξοπλισμός κάδοι απορριμμάτων, οχήματα αποκομιδής, κυκλική οικονομία, βιομηχανικές περιοχές, κυκλική οικονομία, περιβάλλον.



## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή**

Στο εν λόγω κεφάλαιο πρόκειται να παρουσιαστεί ο σκοπός και το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής, καθώς και να πραγματοποιηθεί μία περίληψη των περιεχομένων κάθε ενός από τα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν.

### **1.1 Σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας**

Με το πέρας των δεκαετιών, παρατηρείται ραγδαία αύξηση της παραγωγής αποβλήτων ανά κεφαλή σε όλο τον κόσμο. Η ανάπτυξη των βιομηχανιών, ο ολοένα και πυκνότερος πληθυσμός κτλ., κρίνονται βασικοί παράγοντες λόγω των οποίων προκύπτει η εν λόγω αύξηση στην παραγωγή αποβλήτων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των έξυπνων συστημάτων και γενικότερα της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων, ως ρεαλιστική λύση στο ως άνω πρόβλημα. Πραγματοποιείται παρουσίαση ποικίλων έξυπνων λογισμικών, εξοπλισμού και συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων καθώς και εφαρμογές τους σε διάφορες πόλεις του εξωτερικού αλλά και στην Ελλάδα. Τέλος, πραγματοποιείται μελέτη περίπτωσης αντικατάστασης του παραδοσιακού συστήματος διαχείρισης με ένα έξυπνο σύστημα, σε κλίμακα δήμου αλλά και πανεπιστημιούπολης, χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα για αυτά, ενώ παρουσιάζεται το οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμά τους.

### **1.2 Δομή της εργασίας**

Παρακάτω πραγματοποιείται μία σύντομη περίληψη κάθε κεφαλαίου. Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται παρουσίαση των εννοιών που αφορούν έμμεσα και άμεσα την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων και γενικότερα τον κλάδο της διαχείρισης αποβλήτων. Ακολουθεί ιστορική αναδρομή της διαχείρισης των αποβλήτων, πριν και μετά την ένταξη των έξυπνων λογισμικών σε αυτή αλλά και ανάλυση της νομοθεσίας που την αφορά σε Ελλάδα και εξωτερικό. Στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει περαιτέρω ανάλυση της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων καθώς και παρουσίαση ποικίλων έξυπνων λογισμικών, εξοπλισμού τον οποίο χρησιμοποιούν, αλλά και τα έξυπνα συστήματα που προκύπτουν από τον συνδυασμό των δύο.. Στη συνέχεια και στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται περιπτώσεις εφαρμογών της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων σε χώρες ανά τον κόσμο, και παραδείγματα εντός της Ελλάδας. Επιπλέον, παρουσιάζεται μία μελέτη περίπτωσης υποθετικής εφαρμογής έξυπνων λογισμικών στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων του δήμου Αγίας Παρασκευής Αττικής, με χρήση

πραγματικών δεδομένων τα οποία αντλήθηκαν από το τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων, και της πανεπιστημιούπολης αρχαίου Ελαιώνα του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής Τέλος, η κατακλείδα της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελείται από συζήτηση και συμπεράσματα των πληροφοριών που πρόκειται να αναφερθούν και να αναλυθούν σε αυτή.

## Κεφάλαιο 2ο: Ορισμοί, ιστορική αναδρομή και νομοθεσία της διαχείρισης αποβλήτων

Προτού αναλυθεί η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων και η έννοια των έξυπνων λογισμικών που βελτιστοποιούν τα εν λόγω συστήματα, κρίνεται αναγκαίο να οριστούν βασικές έννοιες όπως αυτή των στερών αποβλήτων η οποία με το πέρασμα των χρόνων αλλάζει μορφή.

Σύμφωνα με τα περιεχόμενα της RCRA (Resource Conservation and Recovery Act) που συμφωνήθηκε στην Αμερική το 1976, στερεό απόβλητο θεωρείται ότι (Murugesan 2021):

- 1) Έχει καεί, έχει ανακυκλωθεί λανθασμένα, έχει αποτεφρωθεί ή γενικότερα έχει απορριφθεί από κάποιον τα οποία συνεπάγονται ότι έχει κατά μία έννοια εγκαταλειφθεί.
- 2) Χαρακτηρίζεται εκ φύσεως απόβλητο και επιβλαβές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.
- 3) Πεπαλαιωμένα πυρομαχικά του στρατού, τα οποία ορίζονται έτσι από τη στιγμή που θα εγκαταλειφθούν.
- 4) Δεν ανακυκλωθεί σωστά.

Τα απόβλητα γενικότερα σύμφωνα με την Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι «κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει» σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) υπ' αριθμόν 49541/1424/1986 (ΚΥΑ 49541/1424, ΦΕΚ 444/Β/09-07-1986). Επιπλέον, στερεά απόβλητά θεωρούνται τα στερεά υλικά τα οποία απορρίπτονται, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων που προέρχονται από εξορύξεις, γεωργικές λειτουργίες, βιομηχανίες και αστικά κέντρα

Προχωρώντας λοιπόν στα περιεχόμενα της παρούσας διπλωματικής και στον ορισμό της διαχείρισης αποβλήτων, με βάση την Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, διαχείριση αποβλήτων ορίζεται “Η συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση των αποβλήτων συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της επίβλεψης των χώρων απόρριψης και των ενεργειών στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες”.

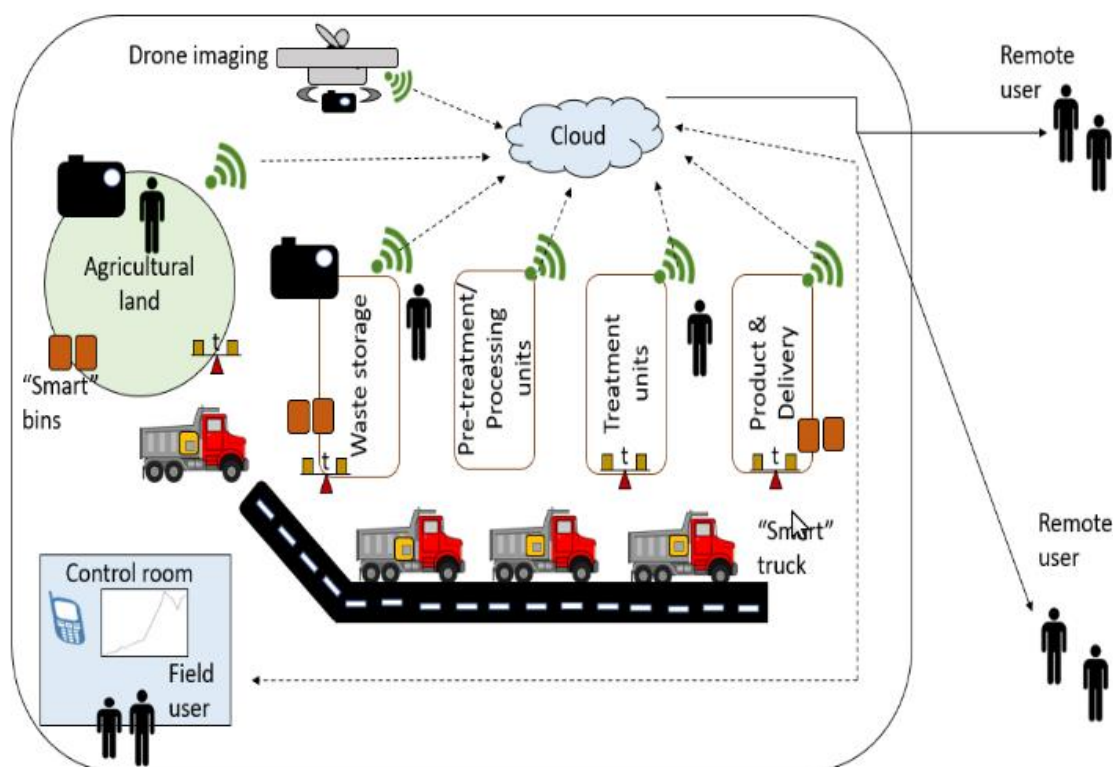
Η ιστορική αναδρομή της διαχείρισης και της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων θα αναλυθούν στο επόμενο υπό - κεφάλαιο, όμως είναι ευρέως γνωστό, ότι η τεχνολογική εξέλιξη του ανθρώπινου είδους, συνεπάγεται την ταυτόχρονη ανάπτυξη νέων, βελτιωμένων μεθόδων αντιμετώπισης προβλημάτων. Έτσι λοιπόν, προκύπτει ο ορισμός της έξυπνης πλέον διαχείρισης αποβλήτων. Ως έξυπνη διαχείριση αποβλήτων, γενικότερα, ονομάζεται ένας τρόπος βελτιστοποίησης της παραδοσιακής διαδικασίας, με τη χρήση έξυπνων λογισμικών, αισθητήρων και ελεγκτών. Με την βοήθεια κυρίως των δικτύων ασύρματων αισθητήρων (WSN, wireless sensor network), δημιουργείται ένα εκσυγχρονισμένο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων με την βοήθεια του οποίου επιλύονται τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια (S. R. Jino Ramson 2020).

Όπως φαίνεται και στην ως κάτω εικόνα, η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων είναι ένα σύστημα το οποίο βασίζεται στη συλλογή δεδομένων και στην αποθήκευση αυτών σε ένα σύστημα cloud. Ως έξυπνο λογισμικό λοιπόν, ορίζεται κάθε εφαρμογή που χρησιμοποιεί τεχνητή νοημοσύνη για να διαχειριστεί δεδομένα, είτε να πραγματοποιήσει επικοινωνία με συστήματα και ανθρώπους. Ένας συνδυασμός λοιπόν έξυπνων λογισμικών, τα οποία επεξεργάζονται και γενικότερα χρησιμοποιούν δεδομένα όπως για παράδειγμα αυτά που δέχονται από τους αισθητήρες πλήρωσης οι οποίοι στέλνουν συνεχώς δεδομένα σε ένα σύστημα cloud, χρησιμοποιούνται από μία ομάδα διαχειριστών για τη λήψη αποφάσεων που αφορούν τη διαδικασία της διαχείρισης αποβλήτων.

Οι διαχειριστές των συστημάτων αυτών είναι μία ομάδα που βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου και διαχειρίζεται όλα τα δεδομένα που συλλέγονται. Στην Ελλάδα, πιθανό είναι αυτή η ομάδα να οριζόταν από κάποιον Οργανισμό Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) με βάση το αρ. 24 του ΠΔ 323/1989. Οι ήδη υπάρχοντες σύνδεσμοι που έχουν οριστεί από ΟΤΑ είναι με βάση την ισχύουσα νομοθεσία είναι:

- 1) Υπηρεσίες καθαρισμού.
- 2) Σύνδεσμοι διαχείρισης απορριμμάτων.
- 3) Επιχειρήσεις των ΟΤΑ, όπως είναι οι Διαδημοτικές Επιχειρήσεις.
- 4) Αναπτυξιακοί σύνδεσμοι σε επίπεδα συμβουλίων ανά περιοχή.
- 5) Ιδιώτες όταν δεν υπάρχει δυνατότητα να αναλάβει τη διαδικασία κάποιος από τους παραπάνω.

Εάν υπήρχε λοιπόν μία ομάδα εργαζομένων που θα αναλάμβαναν τη λειτουργία του κέντρου ελέγχου ενός συστήματος έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων, θα την οργάνωνε ένας ΟΤΑ και θα εντασσόταν στη λίστα των ήδη υπαρχόντων συνδέσμων.



Σχήμα 1: Κέντρο ελέγχου έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων (C. P. Bong 2018)

Κάθε ΟΤΑ, υποχρεούται με βάσει ένα Σχέδιο Διαχείρισης αποβλήτων, να πραγματοποιήσει τα παρακάτω:

- 1) Ένα σχέδιο το οποίο είναι οικονομικά συμφέρον και ταυτόχρονα σέβεται το περιβάλλον.
- 2) Διακοπή λειτουργίας των ΧΑΔΑ.
- 3) Ευαισθητοποίηση των πολιτών μέσω συνεχούς ενημέρωσης και της ενεργούς συμμετοχής του στη διαχείριση των αποβλήτων, με τη χρήση εφαρμογών ή προγραμμάτων επιβράβευσης και εκμάθησης.
- 4) Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων και εφαρμογή του προγράμματος Διαλογής στην πηγή.

Επιπλέον ορισμοί που θα χρειαστούν για την κατανόηση της διπλωματικής εργασίας όπως αναγράφονται στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου 2008) :

ΧΑΔΑ: Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων

ΧΥΤΑ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΧΥΤΥ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

Διάθεση: “οποιαδήποτε εργασία η οποία δεν συνιστά ανάκτηση, ακόμη και στην περίπτωση που η εργασία έχει ως δευτερογενή συνέπεια την ανάκτηση ουσιών ή ενέργειας. Στο Παράρτημα I παρατίθεται μη εξαντλητικός κατάλογος των εργασιών διάθεσης.”

Επεξεργασία: “Οι εργασίες ανάκτησης ή διάθεσης, στις οποίες περιλαμβάνεται η προετοιμασία πριν από την ανάκτηση ή τη διάθεση”

Ανακύκλωση: οποιαδήποτε εργασία ανάκτησης με την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται εκ νέου σε προϊόντα, υλικά ή ουσίες που προορίζονται είτε να εξυπηρετήσουν και πάλι τον αρχικό τους σκοπό είτε άλλους σκοπούς. Περιλαμβάνει την επανεπεξεργασία οργανικών υλικών αλλά όχι την ανάκτηση ενέργειας και την επανεπεξεργασία σε υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα ή σε εργασίες επίχωσης.

Διαδίκτυο των Πραγμάτων: Παραδοσιακά περιλάμβανε κάθε αντικείμενο το οποίο είχε τη δυνατότητα να συνδεθεί στο διαδίκτυο. Ο εκσυγχρονισμένος όρος ωστόσο, περιλαμβάνει πλέον κάθε αντικείμενο το οποίο διαθέτει τεχνολογίες όπως αισθητήρες και έξυπνη νοημοσύνη, συλλέγοντας δεδομένα τα οποία είτε ενημερώνουν τους χρήστες είτε πραγματοποιούν τον αυτοματισμό συγκεκριμένων διαδικασιών (Cassandra P.C. Bong 2018).

Κομποστοποίηση: Η Κομποστοποίηση είναι μία φυσική διαδικασία η οποία μετατρέπει τα οργανικά απόβλητα σε μία σκούρα ουσία η οποία ονομάζεται κομπόστ και έχει ποικίλες χρήσεις όπως, εδαφοβελτιωτικό, Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται ως Κομποστοποίηση η αερόβια βιολογική διαδικασία κατά την οποία τα οργανικά υλικά αποικοδομούνται και σταθεροποιούνται ενώ ταυτόχρονα δημιουργούνται θερμοφιλοι, θερμοανθεκτικοί και μεσόφιλοι μικροβιακοί πληθυσμοί (Ed Burns 2023).

Κυκλική Οικονομία: Με βάση το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (Οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου 2008), η κυκλική οικονομία είναι ένα μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης, το οποίο περιλαμβάνει την ανταλλαγή, εκμίσθωση, επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανακαίνιση και ανακύκλωση των

υπαρχόντων υλικών και προϊόντων όσο το δυνατόν περισσότερο προκειμένου να παραταθεί ο κύκλος ζωής τους.

## 2.1 Ιστορική Αναδρομή

Η διαχείριση αποβλήτων είναι μία έννοια που πηγάζει από την αρχαιότητα. Παραδείγματα διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να βρεθούν για αρχή στην Κνωσό το 3000 π. Χ. όπου τα απόβλητα τοποθετούνταν σε ογκώδεις λάκκους οι οποίοι μετά καλύπτονταν με πολλαπλές στρώσεις χώματος. Με απλά λόγια, είναι μία απλουστευμένη μέθοδος σύγχρονης ταφής απορριμμάτων. Επιπλέον, περίπου 2500 χρόνια πριν, στο αστικό κέντρο της Αθήνας υπήρχε χώρος ταφής όλων των αστικών αποβλήτων, ο οποίος ταυτόχρονα έπρεπε να τοποθετείται τουλάχιστον ένα μίλι μακριά από τα τείχη της πόλης, βάσει νόμου. Άλλα παραδείγματα από όλο τον κόσμο είναι:

1) Το 1407 μ. Χ. στη Βρετανία, οι πολίτες ήταν νομικά υποχρεωμένοι να κρατούν τα σκουπίδια εντός της κατοικίας τους, μέχρι να συλλεχθούν από τους εργάτες που τότε είχαν το ρόλο ενός σύγχρονου οχήματος συλλογής απορριμμάτων. Έπειτα τα απορρίμματα πωλούνταν ως κομπόστ, η θάβονταν στα περικόρα του Έσεξ ( Η ιστορία της διαχείρισης των απορριμμάτων 2013).

2) Τον 15ο αιώνα, η πόλη του Παρισιού είχε πρακτικά ιδρύσει συνεργεία καθαρισμού και ταυτόχρονα είχε προσλάβει χιλιάδες εργάτες με ευθύνη τη συλλογή αποβλήτων από τους δρόμους και την τοποθέτηση τους έξω από τα τείχη της πόλης, χωρίς όμως να θεσπίσει κάποια ελάχιστη απόσταση, με αποτέλεσμα να υπάρχουν δυσκολίες μέχρι και στα αμυντικά συστήματα της πόλης από τους τότε εισβολείς (Rihn 2021).

Στη σύγχρονη εποχή, χρησιμοποιούνται συνήθως οι παραδοσιακές μέθοδοι που είναι ευρέως γνωστές ανά τον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, τα οχήματα συλλογής απορριμμάτων ακολουθούν προκαθορισμένες διαδρομές, περνώντας από όλους τους κάδους της ακτίνας στην οποία είναι καταχωρημένα, χωρίς να ξέρουν ποιοί χρειάζεται να αδειάσουν και ποιοί όχι. Στη συνέχεια τα σκουπίδια οδηγούνται σε κάποιο ΧΥΤΑ ή κάποιον, άλλων προδιαγραφών, χώρο ταφής. Οι μέθοδοι αυτές, και γενικότερα τα



παρακλάδια του παραδοσιακού συστήματος διαχείρισης αποβλήτων δεν ανταποκρίνονται πλέον με τα ίδια ποσοστά όσο το ανθρώπινο είδος συνεχίζει να αναπτύσσεται τεχνολογικά αλλά ταυτόχρονα και ποσοτικά. Κύριος λόγος είναι ο τεράστιος πλέον όγκος απορριμμάτων που παράγονται από τα αστικά κέντρα, αλλά και η αύξηση παραγωγής αποβλήτων στις βιομηχανίες. Σε ένα πεπαλαιωμένο λοιπόν σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, αν ληφθούν υπόψιν τα παραπάνω, εκτός της αδυναμίας ανταπόκρισης αυτού στις σημερινές απαιτήσεις, υπάρχει μεγάλη συμμετοχή του στην περιβαλλοντική ρύπανση. Εκκρίσεις διοξειδίου του άνθρακα από τη λειτουργία των απορριματοφόρων και λανθασμένη λειτουργία και χωροθέτηση των χώρων υγειονομικής ταφής είναι κάποια από τα προβλήματα που προκύπτουν από τις αδυναμίες του εν λόγω συστήματος.

Σε αυτό λοιπόν το σημείο η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων έρχεται και ουσιαστικά προσπαθεί να βελτιστοποιήσει το ως άνω σύστημα εκμεταλλευόμενη την τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων.

Από που προέρχεται όμως η ιδέα αυτής της διαδικασίας και ποιές είναι οι ρίζες και τα βασικά χαρακτηριστικά της; Η έννοια της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων υπάρχει τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά η πρώτη χρήση κάποιου αισθητήρα σε κάδο απορριμμάτων, φαίνεται να πραγματοποιήθηκε στις αρχές του 1990. Ο John Romkey, δημιούργησε μία τοστιέρα η οποία ήταν συνδεδεμένη με το διαδίκτυο και με τη βοήθεια αυτού είχε τη



*Εικόνα 1: John Romkey*

*και η πρώτη IoT*

*τοστιέρα*

δυνατότητα να ανοιγοκλείνει. Αυτή η τοστιέρα ήταν η πρώτη συσκευή βασισμένη στο διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things). Έχοντας αυτή την ιδέα σαν βάση, συνέδεσαν κάδους με τον ίδιο τρόπο στο διαδίκτυο και με αυτόν τον τρόπο είχαν τη δυνατότητα να γνωρίζουν το ποσοστό πληρότητας τους (Abdullah Al Jaid Jim 2019). Αυτοί λοιπόν ήταν οι πρώτοι “Έξυπνοι κάδοι”.



Στις αρχές του 2000, η έννοια της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων απέκτησε έναν ορισμό ο οποίος την περιγράφει ως μία διαδικασία ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στα παραδοσιακά συστήματα.

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη στον τομέα του διαδικτύου των πραγμάτων έχει επιτρέψει την ταυτόχρονη ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών και τη δημιουργία άλλων πιο προηγμένων έξυπνων λογισμικών τα οποία μπορούν για παράδειγμα να βελτιστοποιούν αυτόματα διαδρομές με βάση το ποσοστά πληρότητας των κάδων και τη χρήση και επεξεργασία άλλων δεδομένων που συλλέγονται.

## 2.2 Εταιρίες πρωτοπόροι στην ενσωμάτωση έξυπνων λογισμικών

Με τα πέρασμα του χρόνου, άρχισαν να εμφανίζονται και οι εταιρίες πρωτοπόροι όσον αφορά στην ένταξη των συσκευών έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων στην παγκόσμια αγορά. **Κάποιες από αυτές είναι:**

- Το 2013, η εταιρία Green CREATIVE στη Γαλλία, δημιούργησε τον πρώτο καταγεγραμμένο έξυπνο κάδο (Whitemore 2015). Όπως ανέφεραν οι ιδρυτές της εταιρίας Lucile Noury και Rémi Gomez, όλα ξεκίνησαν από το πόσο περίπλοκος ήταν ο διαχωρισμός των αποβλήτων στους δημόσιους χώρους. Έτσι η εταιρία ξεκίνησε να αναπτύσσει λογισμικά αυτόματου διαχωρισμού απορριμμάτων εν έτη 2010, καταλήγοντας στη δημιουργία του πλέον έξυπνου κάδου το 2013, ο οποίος διαχωρίζει αυτόματα κύπελα, πλαστικά μπουκάλια και ποτήρια.
- Η πολωνική εταιρία Bin-e δημιουργεί ένα κάδο όπως εκείνος της GreenCREATIVE, ο οποίος εκτός του διαχωρισμού, συμπιέζει τα απορρίμματα που περιέχονται σε αυτόν με αποτέλεσμα να μπορεί να δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα πριν αδειάσει από κάποιο όχημα περισυλλογής, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν τοποθετημένοι αισθητήρες πληρότητας στον εν λόγω κάδο (Greenwalt 2020). Με τη βοήθεια των αισθητήρων αυτών, το κέντρο ελέγχου και προγραμματισμού του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων, μπορεί να γνωρίζει κάθε στιγμή τη στάθμη των απορριμμάτων στους κάδους.

- Η ecoATM δημιουργεί έναν κάδο ο οποίος ανταμείβει όποιον ανακυκλώνει τις ηλεκτρικές του συσκευές σε αυτόν με χρήματα (Pham 2012). Εάν η συσκευή που εισέρχεται στον κάδο είναι κατεστραμμένη, δεν θα επιβραβεύσει τον πολίτη με χρήματα, αλλά εγγυάται τη σωστή διαδικασία ανακύκλωσης αυτής.

## **2.3 Έξυπνη διαχείριση αποβλήτων και νομοθετικό πλαίσιο**

Αρχικά, στην επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναγράφεται στην οδηγία 2018/851, ότι η διαχείριση αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση χρίζει βελτίωσης, ώστε να επιτευχθεί ένα βιώσιμο πλάνο, με κύριο στόχο να προστατεύσει και να διατηρήσει την ποιότητα του περιβάλλοντος ενώ ταυτόχρονα είναι ουδέτερο ως προς την ανθρώπινη υγεία και εξοικονομεί όσο το δυνατό περισσότερους πόρους και ενέργεια. Το παραπάνω συνδέεται άμεσα με ένα σύστημα έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων καθώς οι στόχοι που η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει, είναι ουσιαστικά τα πλεονεκτήματα της ένταξης των έξυπνων λογισμικών στο υπάρχον πρόγραμμα διαχείρισης αποβλήτων.

Υπάρχουν προγράμματα χρηματοδότησης πρακτικών έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων στην ΕΕ (Οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου 2008), όπως αυτή του SWAM, μίας πλατφόρμας που χρησιμοποιείται στο Λουξεμβούργο, η οποία συνδυάζει κάδους με αισθητήρες πληρότητας, και βελτιστοποίηση των διαδρομών που εκτελούν τα οχήματα συλλογής βάσει των δεδομένων που συλλέγονται από τους κάδους (Sébastien Faye 2019). Με το παραπάνω πλάνο, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση πόρων όπως είναι τα καύσιμα των οχημάτων, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιείται η ρύπανση του περιβάλλοντος από αυτά καθώς οι διαδρομές τους μειώνονται όσον αφορά το χρόνο διάρκειας τους, αλλά και στον αριθμό γενικότερα.

### **2.3.1 Νομοθεσία που συμβάλλει στον εκσυγχρονισμό του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων.**

Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν νομοθεσίες που συνδέονται είτε άμεσα είτε έμμεσα με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων βοηθώντας ουσιαστικά είτε την όλη διαδικασία να πραγματοποιηθεί πιο αποτελεσματικά, είτε στην αποκόλληση του συστήματος από τις

παραδοσιακές μεθόδους. Επειδή η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων σαν έννοια και γενικότερα τα έξυπνα λογισμικά είναι σχετικά πρόσφατες τεχνολογίες, δεν έχουν ενταχθεί ακόμα αυτούσια σε κάποιο νομοθετικό πλαίσιο. Λόγω των ως άνω, ακολούθως θα αναφερθούν νόμοι και οδηγίες που συμβάλλουν στην αποκόλληση ή την βελτιστοποίηση των παραδοσιακών διαδικασιών διαχείρισης αποβλήτων, και που ανοίγουν νέους ορίζοντες και προοπτικές στον κλάδο. ++ επιπλέον πρέπει να γράψεις πώς συνδέονται αυτές- ποια είναι τα χαρακτηριστικά τους που συνδέονται με την έξυπνη διαχείριση

Κάποιες από αυτές τις νομοθεσίες είναι:

1) Διευρυμένη Ευθύνη του Παραγωγού (Extensive Producer Responsibility).

Ο ως άνω νόμος με βάση το Ν.4819/2021 και του προγράμματος εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων, οι παραγωγοί είναι υπεύθυνοι για την επαναχρησιμοποίηση, περαιτέρω χρήση και ανακύκλωση των αποβλήτων τους. Ο νόμος αυτός συνδυάζεται ταυτόχρονα με μία νομοθετική ρύθμιση που αφορά την ενίσχυση του κλάδου της κυκλικής οικονομίας βάσει του άρθρου 55 του νόμου 4609/2019, ΦΕΚ 67 Α.

(Ραβάνης 2022). Με την εφαρμογή τέτοιου είδους νομοθετικών πλαισίων, δίνεται περισσότερη έμφαση στην ύπαρξη ενός έμπιστου και πιο αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης αποβλήτων. Επιπλέον, το παραπάνω κρίνεται απαραίτητο ώστε να υπάρξει ένα ορθό πλάνο εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας.

2) Όπως αναφέρεται στην τροποποίηση του άρθρου 5 της οδηγίας 2008/98/ΕΚ, βασική μέριμνα είναι η μείωση και γενική απαγόρευση των χώρων υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ).

Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωση μέχρι το 2030, είναι οι εναπομείναντες ΧΥΤΑ να μην δέχονται κανένα είδος απόβλητου που χρίζει ανακύκλωσης ή οποιασδήποτε άλλης ανάκτησης, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης του για παραγωγή ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, πέραν της πρότασης για το 2030, αναγράφεται ότι «Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για να διασφαλίσουν τη μείωση, έως το 2035, της ποσότητας των αστικών αποβλήτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής στο 10 % ή λιγότερο της συνολικής ποσότητας των αστικών αποβλήτων που παράγονται (κατά βάρος)» (Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου 2008). Καταργώντας τους ΧΥΤΑ, το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων αναγκάζεται ουσιαστικά να εκσυγχρονίσει τις εγκαταστάσεις στις οποίες

καταλήγουν τα απόβλητα κάτι το οποίο συνεπάγεται και τον εκσυγχρονισμό της διαδικασίας αποκομιδής

3) Πληρώνω Όσο Πετάω (Pay As You Throw).

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα το οποίο έχει αναγνωριστεί παγκοσμίως όσον αφορά τις προοπτικές του στον τομέα της μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Ουσιαστικά, κάθε νοικοκυριό πρόκειται να πληρώνει ένα ποσό αναλογικά με τα απόβλητα που παράγει, γεγονός το οποίο αναμένεται να συνεπάγεται τη σταδιακή μείωση στην παραγωγή αποβλήτων ανά κεφάλι, λόγω του «περιβαλλοντικού φόρου». Εφαρμόζεται στην Ελλάδα πιλοτικά από το ΕΣΠΑ σε επιλεγμένους δήμους με πληθυσμό άνω των 30000 κατοίκων βάση της απογραφής του 2011. Ο συγκεκριμένος νόμος εισάγει την έξυπνη διαχείριση όχι με την έννοια των αισθητήρων, αλλά υπό την έννοια εφαρμογών τις οποίες θα χρησιμοποιούν οι πολίτες για να παρακολουθούν την παραγωγή αποβλήτων, αλλά και γενικότερα τα στατιστικά του συστήματος διαχείρισης στην περιοχή τους.

4) Waste to Energy Απόβλητα σε Ενέργεια. Τέτοιου είδους διαδικασίες είναι αποδεκτές στην Ευρωπαϊκή ένωση, αλλά δεν είναι η πρώτη επιλογή στην ιεραρχία των διαδικασιών.



Εικόνα 2: Ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων (Lehmann 2011)

Είναι ευρέως γνωστό ότι το να ανακτήσει κανείς το ενεργειακό φορτίου ενός απόβλητου είναι σίγουρα καλύτερο από το να το οδηγήσει σε ένα ΧΥΤΑ. Το παραπάνω

είναι μία από τις πιο βασικές έννοιες που θεσπίζουν την κυκλική οικονομία σαν ιδέα όπως φαίνεται στην ως πάνω εικόνα. (Bízek 2022)

- 5) Επιστροφή χρημάτων στον πολίτη κάθε φορά που πηγαίνει σε κάποιον έξυπνο σταθμό ανακύκλωσης για συγκεκριμένα υλικά όπως πλαστικά μπουκάλια και συσκευασίες. Πρακτικά, θα επιστρέφεται στον καταναλωτή ο φόρος που προστίθεται στην τιμή αγοράς του προϊόντος. Για παράδειγμα, εάν αγοράζει ένα μπουκάλι νερού 500ml 0.55 € αντί των 0,50 € λόγω περιβαλλοντικής φορολογίας, τα 0,05 € θα του/ της επιστρέφονται όταν το παραδώσει σε κάποιον έξυπνο σταθμό ανακύκλωσης.

Επιπλέον μέσα από τις ομιλίες και τις ποικίλες παρουσιάσεις στο 6ο Διεθνές Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρίας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ), προέκυψαν κάποια συμπεράσματα και προτάσεις τα οποία ο ΕΕΔΣΑ έχει αναρτήσει στην ιστοσελίδα του. Ένα από αυτά, για την ακρίβεια το 32ο, αναφέρεται ουσιαστικά στη ψηφιοποίηση του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων με την ένταξη της τεχνητής νοημοσύνης και του διαδικτύου των πραγμάτων σε αυτό. Τέλος, ως βασικό παράδειγμα αναφέρθηκαν οι έξυπνη κάδοι που διαθέτουν αισθητήρες πληρότητας και πραγματοποιούν ταυτόχρονα αυτόματο διαχωρισμό των απορριμμάτων σε κατηγορίες. Τα προαναφερθέντα μπορεί να θεωρηθεί ότι συνδέονται με την όλη ιδέα της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων και του εκσυγχρονισμού του συστήματος, αλλά η συγκεκριμένη πρόταση του ΕΕΔΣΑ (Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων 2020), είναι το πρώτο απτό παράδειγμα, έστω και σαν μία απλή πρόταση, της ένταξης των έξυπνων λογισμικών στο ελληνικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων.

### **2.3.2 Αδυναμία της Ελλάδας στη μέχρι τώρα αντιμετώπιση προβλημάτων και επίτευξη στόχων**

Με βάση τα δεδομένα που παραδίδει η εφημερίδα της κυβερνήσεως , το 2018 παρήχθησαν περίπου 5.5 εκατομμύρια τόνοι αστικών στερεών αποβλήτων, γεγονός που σημαίνει χονδρικά 500 κιλά το έτος ανά κάτοικο της χώρας μας. Δυστυχώς, βάση των στατιστικών, το 78.4% των στερεών αποβλήτων διατέθηκε σε ΧΥΤΑ (Χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων) χωρίς να εκμεταλλευτεί με κάποιον τρόπο ώστε

να παραχθεί ενέργεια ή κάποια άλλη χρήσιμη ύλη από την επεξεργασία των αποβλήτων (Τροποποιημένο εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων 2020-2030, 2020).

Οι στόχοι που είχαν τεθεί προς επίτευξη μέχρι τώρα φαίνονται παρακάτω:

- 1) Παύση λειτουργίας όλων των ΧΑΔΑ (Χώρος ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων) μέχρι το 2015
- 2) Αποκατάσταση όλων των ΧΑΔΑ μέχρι το 2020
- 3) Το 50% των αστικών στερεών αποβλήτων θα πρέπει να συλλέγεται χωριστά αναφορικά με τα ανακυκλώσιμα, οργανικά και λοιπά απόβλητα.
- 4) Θα πρέπει από την ταφή να αφαιρείται τουλάχιστον το 65% των ανακυκλώσιμων υλικών.
- 5) Η μέγιστη ποσότητα αστικών στερεών αποβλήτων που θα οδηγείται σε ΧΥΤΥ (Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων, μετά την ανακύκλωση-διαλογή στην πηγή ) θα είναι 26%.
- 6) Η συνολική ανάκτηση των ΑΣΑ να είναι τουλάχιστον το 74% των παραγόμενων ΑΣΑ.

Όπως φαίνεται λοιπόν στην εφημερίδα της κυβερνήσεως, δεν είχε επιτευχθεί κανένα από τα παραπάνω μέχρι το 2020, γεγονός που εκθέτει την αδυναμία του ελληνικού κράτους όσον αφορά τον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων.

Πιο συγκεκριμένα, αντί των στόχων επιτεύχθηκαν αντίστοιχα:

- 1) Παρέμειναν 70 ενεργεί ΧΑΔΑ μέχρι και το 2015.
- 2) Ύπαρξη ακόμα 24 μη αποκατεστημένων ΧΑΔΑ και άλλων 20 να μεν αποκαταστημένοι που παρόλα αυτά θεωρούνται ακόμα ενεργοί από την ΕΕ διότι δεν φαίνεται νομικά η αλλαγή που έχει πραγματοποιηθεί.
- 3) Το 16.5% αντί του 50% των αστικών στερεών αποβλήτων συλλέχθηκε χωριστά.
- 4) Το 30.8% των ανακυκλώσιμων αφαιρέθηκε από το χώρο ταφής.
- 5) Οδηγήθηκε σε ΧΥΤΥ το 52.4% των ΑΣΑ.
- 6) Ανακτήθηκε το 52.4% των ΑΣΑ.

Η Ελλάδα από το 1991 προσπαθεί να πετύχει το χρονοδιάγραμμα της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ (ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων 1991) η οποία αναφέρεται “στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) από τις δυσμενείς επιπτώσεις

(όπως ο ευτροφισμός) των αστικών λυμάτων.” και “Θεσπίζει κανόνες που εφαρμόζονται σε όλη την ΕΕ για τη συλλογή, επεξεργασία και απόρριψη των λυμάτων. Επίσης, η νομοθετική πράξη καλύπτει τα λύματα που δημιουργούνται από βιομηχανίες, όπως οι βιομηχανίες γεωργικών τροφίμων (για παράδειγμα, η μεταποίηση τροφίμων και η ζυθοποιία). “ Η συγκεκριμένη νομοθεσία ναι μεν αναφέρεται και στη συλλογή αλλά αφορά κυρίως τη δευτεροβάθμια επεξεργασία των αποβλήτων. Επιπλέον έχει δημιουργηθεί μία τεχνική γραμματεία λυμάτων, που παρακολουθεί ότι αφορά μελέτη, χρηματοδότηση κατασκευή νέων υποδομών και θέματα συντήρησης. Ακολουθεί το Άρθρο 4 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με την παρ. 4 του άρθρου 1 της Οδηγίας (ΕΕ) 2018/851 κατά λέξη (Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου 2008).

1. Στη νομοθεσία και την πολιτική για την πρόληψη και τη διαχείριση των αποβλήτων ισχύει κατά προτεραιότητα η ακόλουθη ιεράρχηση όσον αφορά στα απόβλητα:

α) πρόληψη,

β) προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση,

γ) ανακύκλωση,

δ) άλλου είδους ανάκτηση, όπως ανάκτηση ενέργειας, και

ε) διάθεση.

2. Κατά την εφαρμογή της παρ. 1 λαμβάνονται μέτρα, τα οποία προωθούν εναλλακτικές δυνατότητες που παράγουν το καλύτερο, από περιβαλλοντικής απόψεως, αποτέλεσμα. Για το σκοπό αυτόν, ενδέχεται να απαιτείται η παρέκκλιση από την ιεράρχηση για ορισμένα ειδικά ρεύματα αποβλήτων, εφόσον αυτό δικαιολογείται από τον κύκλο ζωής των προϊόντων, λαμβάνοντας υπόψη τις συνολικές επιπτώσεις της παραγωγής και της διαχείρισής τους.

3. Σε κάθε περίπτωση λαμβάνονται υπόψη οι γενικές αρχές περί προστασίας του περιβάλλοντος, της προφύλαξης και της αειφορίας, του τεχνικώς εφικτού και της οικονομικής βιωσιμότητας, της προστασίας των πόρων, καθώς και ο συνολικός αντίκτυπος στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία, την οικονομία και την κοινωνία, σύμφωνα με τα άρθρα 1 και 35 (Νόμος 4819/2021 - ΦΕΚ 129/Α/23-7-2021 2021).

4. Η διαμόρφωση της νομοθεσίας και της πολιτικής για τα απόβλητα είναι διαδικασία απόλυτα διαφανής, τηρουμένης της υφιστάμενης εθνικής νομοθεσίας που αφορά στη



διαβούλευση με τους πολίτες και τους ενδιαφερόμενους παράγοντες και τη συμμετοχή αυτών στη διαδικασία. (Dhayyat 2022).

### **2.3.3 Στόχοι της ΕΕ που συνδέονται έμμεσα με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων**

Προχωρώντας σε Ευρωπαϊκή κλίμακα, κάποιοι από τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης; αναφερόμενοι στην οδηγία (ΕΕ) 2018/851 του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και συμβουλίου που συνδέονται με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων φαίνονται και αναλύονται ως κάτω.

1) *«Η διαχείριση των αποβλήτων θα πρέπει να βελτιωθεί και να μετατραπεί σε βιώσιμη διαχείριση υλικών με στόχο την προστασία, τη διατήρηση και τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος».* Το παραπάνω δεν αφορά μονάχα το περιβάλλον αλλά και την ανθρώπινη υγεία. Με τη χρήση έξυπνων λογισμικών και συστημάτων στη διαδικασία της διαχείρισης αποβλήτων, πραγματοποιείται σταδιακή μείωση των δρομολογίων που εκτελούν τα οχήματα αποκομιδής, συνεπώς μειώνεται αντίστοιχα και η έκθεση καυσαερίων και αερίων του θερμοκηπίου που είναι επιβλαβή προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Για το παραπάνω ευθύνεται ο συνδυασμός των έξυπνων αισθητήρων πληρότητας στους κάδους με μία εφαρμογή βελτιστοποίησης των δρομολογίων των απορριμματοφόρων ανάλογα με τα επίπεδα πληρότητας των κάδων σε πραγματικό χρόνο. Οι εν λόγω αισθητήρες θα αναλυθούν παρακάτω, αλλά σε γενικές γραμμές μπορούν με τη χρήση ηχητικών σημάτων να αντιλαμβάνονται τη στάθμη του περιεχομένου ενός κάδου απορριμμάτων και να στέλνουν αυτά τα δεδομένα στο κέντρο ελέγχου, το οποίο με τη σειρά του θα τα επεξεργάζεται. Κάτι το οποίο θα βελτιωθεί άμεσα λοιπόν με την ένταξη τέτοιου είδους συστημάτων στη διαχείριση αποβλήτων είναι τα επίπεδα ρύπανσης του περιβάλλοντος.

2) *«Η βελτίωση της αποδοτικότητας στη χρήση των πόρων και η εξασφάλιση της θεώρησης των αποβλήτων ως πόρου».* Όπως αναφέρεται και παραπάνω, η χρήση έξυπνων λογισμικών συνεπάγεται τη μείωση δρομολογίων, ρύπων και όχι μόνο. Συμπερασματικά λοιπόν μειώνεται ταυτόχρονα και η κατανάλωση πόρων για τη μετακίνηση των απορριμματοφόρων. Επιπλέον, στόχος είναι η εκμετάλλευση των αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας και γενικότερα τη χρήση τους σαν πρώτες ύλες, γεγονός το οποίο θα ενισχύσει ιδιαίτερα το επιθυμητό μοντέλο κυκλικής



οικονομίας εντός της Ένωσης. Στην επίτευξη του ως άνω στόχου συμβάλει θετικά ο διαχωρισμός των αποβλήτων σε κατηγορίες. Για να γίνεται αποτελεσματικός διαχωρισμός κρίνεται απαραίτητη η ευαισθητοποίηση των πολιτών με τη χρήση πολλών ειδών κάδων στις γειτονιές, αλλά και με την ένταξη έξυπνων συστημάτων διαχωρισμού αποβλήτων στους κάδους. Αν πραγματοποιηθούν τα παραπάνω, κάθε χώρα αλλά και η Ευρωπαϊκή Ένωση γενικότερα θα αποκτήσει μεγαλύτερη ανεξαρτησία διότι δεν θα υπάρχει έντονη ενεργειακή εξάρτηση από εισαγωγές εκτός συνόρων, είτε κρατικών είτε ευρωπαϊκών.

3) *«Πολλά κράτη μέλη δεν έχουν αναπτύξει πλήρως τις αναγκαίες υποδομές διαχείρισης αποβλήτων»*. Κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό να τεθούν ακριβή χρονοδιαγράμματα και προθεσμίες που αφορούν τις χώρες που δεν έχουν ακόμα πλήρες σύστημα διαχείρισης αποβλήτων. Θα μπορούσαν επιπροσθέτως να ενταχθούν και στόχοι που αφορούν πιο ειδικά την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων όπως για παράδειγμα να υπάρχει ελάχιστος αριθμός κάδων με αισθητήρες που πρέπει κάθε κράτος να διαθέτει μέχρι το 2030.

4) *«Έπειτα από μεγάλο αριθμό ερευνών, τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να συμβάλλουν στην επίτευξη κυκλικής οικονομίας»*. Η κυκλική οικονομία είναι ένα μοντέλο που κρίνεται ιδανικό για την εξοικονόμηση πόρων και τη μείωση ρύπανσης του περιβάλλοντος αλλά και για την ανάσα που προσφέρει στα συστήματα της μετέπειτα διαχείρισης των αποβλήτων καθώς μειώνει τον αριθμό τους.. Όπως λοιπόν προαναφέρθηκε, ένα ολοκληρωμένο, έμπιστο και αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, είναι ο βασικός πυλώνας για την εκκίνηση ενός μοντέλου κυκλικής οικονομίας. Τα έξυπνα συστήματα και λογισμικά αναβαθμίζουν το εν λόγω σύστημα στα επιθυμητά επίπεδα αποτελεσματικότητας μετατρέποντας έτσι την κυκλική οικονομία σε ένα ρεαλιστικό σενάριο. Κυρίως εντός των βιομηχανικών περιοχών, οι οποίες θα αναλυθούν περισσότερο στο κεφάλαιο που αφορά την κυκλική οικονομία, είναι απαραίτητη η τήρηση ενός τέτοιου μοντέλου καθώς λύνει τα χέρια πολλών βιομηχανιών αναφορικά με τις πρώτες ύλες τους, οι οποίες μπορούν να είναι τα απορρίμματα μιας άλλης επιχείρησης εντός της βιομηχανικής περιοχής. Για να επιτευχθεί το παραπάνω, προτού δημιουργηθεί μία βιομηχανική περιοχή, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν μελέτες για μία πληθώρα μεταβλητών, μία από τις οποίες είναι και το είδος των επιχειρήσεων που θα ενταχθούν σε αυτήν, ώστε να μπορεί η μία να εκμεταλλεύεται τα απόβλητα της άλλης.

5) Τρόποι βελτιστοποίησης της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων σε γενικότερη κλίμακα. Όπως αναφέρει η οδηγία 2018/851 (Οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου 2008), τα αστικά απόβλητα αποτελούν περίπου το 7-10% του συνόλου των αποβλήτων που παράγονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ταυτόχρονα, είναι τα απόβλητα με τη μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στη διαχείρισή τους λόγω της μεικτής σύνθεσής τους. Για άλλη μία φορά η απάντηση στο πως θα βελτιωθεί το σύστημα διαχείρισης είναι τα έξυπνα λογισμικά. Παρακάτω στην εργασία φαίνονται κάποια αποτελέσματα μίας θεωρητικής μελέτης περίπτωσης για τη συμβολή της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων στο δήμο Αγίας Παρασκευής Αττικής. Η πλήρης αντικατάσταση των απλών συμβατικών κάδων με βυθιζόμενους κάδους που διαθέτουν αισθητήρες πληρότητας και πραγματοποιούν αυτόματη συμπίεση, είναι δυνατό να εξοικονομήσει έως και 91% κατανάλωσης καυσίμων και ρύπων προς το περιβάλλον. Επιπλέον, υπάρχουν συστήματα έξυπνων κάδων που πραγματοποιούν αυτόματο διαχωρισμό των αποβλήτων που αποβάλλονται σε αυτούς. Ένας ακόμη τρόπος είναι η ευαισθητοποίηση των πολιτών και η εκμάθηση τους από μικρή ηλικία. Το 1ο Γενικό Λύκειο Αγίας Παρασκευής για παράδειγμα, διαθέτει κάδους κάθε χρώματος εντός του σχολικού οικοπέδου, προωθώντας έτσι στα παιδιά πως υπάρχει ειδικός κάδος για κάθε είδος απόβλητου. Τέλος, οι εφαρμογές μέσω των οποίων οι πολίτες θα μπορούν να ενημερώνονται αναλυτικά για το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, ή ακόμα και για να καλούν τα οχήματα αποκομιδής για συλλογή αποβλήτων απευθείας από την οικία τους, θα επιτευχθεί η εξοικείωση τους με την όλη διαδικασία.

Δυστυχώς δεν υπάρχουν ακόμα νομοθετικά πλαίσια που να αφορούν συγκεκριμένα την έξυπνη διαχείριση των αποβλήτων και τα έξυπνα λογισμικά. Από την άλλη, αν αναλογιστεί κανείς τους στόχους που έχουν τεθεί και την αδυναμία των παραδοσιακών μεθόδων να πετύχουν τα επιθυμητά στάνταρ, η επικρατέστερη λύση αυτή τη στιγμή είναι η αντικατάσταση των συμβατικών μεθόδων με έξυπνες και επαναστατικές. Συμπερασματικά, η νομοθεσία που αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων και τη βελτίωση αυτής, αναφέρεται έμμεσα στα έξυπνα λογισμικά χωρίς όμως να προτείνει ξεκάθαρα ως λύση. Επιπλέον, και εντός ελληνικών συνόρων, μέχρι στιγμής κάθε δήμος αποφασίζει ανεξάρτητα αν και ποιο έξυπνο σύστημα θα αγοράσει, όχι επειδή αναγράφεται σε κάποια νομοθεσία της χώρας, αλλά επειδή είναι ένας τρόπος να φτάσει πιο κοντά στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από την Ελλάδα και από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Τέλος οι στόχοι που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση έως το 2030:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον της τάξης του 40%.
- Το 32% του ενεργειακού ισοζυγίου να είναι ανανεώσιμες πηγές.
- Τουλάχιστον 32.5% αύξηση της απόδοσης στην παραγωγή ενέργειας.

Το μόνο σίγουρο είναι ότι τα έξυπνα λογισμικά συμβάλλουν στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και με τη βοήθεια τους η Ευρωπαϊκή Ένωση θα φτάσει ένα βήμα πιο κοντά στους στόχους που έχουν τεθεί.

## Κεφάλαιο 3ο: Έξυπνα λογισμικά- Εφαρμογές στη διαχείριση αποβλήτων

Αρχικά, κρίνεται απαραίτητο να οριστεί η έννοια του διαδικτύου των πραγμάτων, το οποίο κρίνεται εργαλείο-πυλώνας της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων. Διαδίκτυο των πραγμάτων ονομάζεται το περιβάλλον μέσα από το οποίο πολλές ψηφιακές συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους με την βοήθεια της σύνδεσης που έχουν με το διαδίκτυο. Η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων είναι πρακτικά η εφαρμογή του διαδικτύου των πραγμάτων στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων (Soumyabrata Saha 2023).

Επομένως, βασικό χαρακτηριστικό της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων είναι η χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων. Ουσιαστικά η εν λόγω τεχνολογία παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία μεταξύ συσκευών αλλά και μεταξύ συσκευών και κέντρου ελέγχου.

Στην αρχική της μορφή, ως έξυπνη διαχείριση αποβλήτων θεωρούνταν απλά η εγκατάσταση αισθητήρων στους κάδους απορριμμάτων. Με το πέρασ του χρόνου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας, τα υπάρχοντα έξυπνα λογισμικά, συνδυάζονται με τον κατάλληλο εξοπλισμό ώστε να δημιουργηθούν αξιόπιστα και αποτελεσματικά συστήματα έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων.

Η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων λοιπόν, αποτελείται από μία ποικιλία έξυπνων συστημάτων, τα οποία είναι ουσιαστικά ο συνδυασμός των έξυπνων λογισμικών με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Όπως έχει προαναφερθεί στην παρούσα διπλωματική, ως έξυπνο λογισμικό ορίζεται κάθε λογισμικό το οποίο επεξεργάζεται δεδομένα με την βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης, για παράδειγμα οι αισθητήρες πληρότητας των κάδων απορριμμάτων που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Από την άλλη, ο εξοπλισμός ουσιαστικά φιλοξενεί τα έξυπνα λογισμικά ώστε να προκύψει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων.

Από τις τεχνολογίες που θα αναλυθούν παρακάτω σε αυτό το κεφάλαιο, χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής του διαδικτύου των πραγμάτων είναι οι έξυπνοι κάδοι οι οποίοι στέλνουν σήμα στο κέντρο ελέγχου όταν ο αισθητήρας ανιληφθεί ότι ο κάδος είναι γεμάτος και έτοιμος για συλλογή από κάποιο απορριμματοφόρο. Συμπερασματικά, υπάρχει ταχύτατη και ευκολότερη ροή

πληροφορίας, κάτι το οποίο συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της όλης διαδικασίας. Τα έξυπνα λογισμικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της διαδικασίας συλλογής, αλλά και γενικότερα της διαχείρισης αποβλήτων, πρακτικά επεξεργάζονται τα δεδομένα τα οποία δέχονται, για παράδειγμα από αισθητήρες, προσαρμόζοντας τα και εμφανίζοντάς τα σε ένα περιβάλλον, μέσω του οποίου είναι εφικτό να ληφθούν καλύτερες αποφάσεις είτε από κάποιον διαχειριστή, είτε αυτόματα από το ίδιο το λογισμικό (Slattery 2018). Πυλώνας στην λειτουργία των εν λόγω λογισμικών και ο κύριος λόγος για τον οποίο θεωρούνται «έξυπνα», είναι το διαδίκτυο των πραγμάτων (Gillis 2023).

Εκτός του ειδικού όρου της έξυπνης διαχείρισης των αποβλήτων, αξίζει να σημειωθεί και ο γενικός στόχος, ο οποίος είναι οι έξυπνες πόλεις. Η έννοια της έξυπνης πόλης δεν έχει κάποιον συγκεκριμένο ορισμό, καθώς κάθε πόλη τείνει να δίνει την δική της μετάφραση στον εν λόγω όρο, ανάλογα πάντα με τις δικές της απαιτήσεις, ανάγκες και οπτικές. Από την άλλη, κάτι το οποίο είναι παγκόσμια αποδεκτό, είναι πως μία έξυπνη πόλη αποτελείται από 6 υποκατηγορίες οι οποίες είναι η έξυπνη διαβίωση, η έξυπνη οικονομία, η έξυπνη μεταφορά, η έξυπνη μεταχείριση του περιβάλλοντος, η έξυπνη κυβέρνηση και τέλος οι έξυπνη άνθρωποι, από άποψη νοοτροπίας και εξοικείωσης με τους ως άνω όρους (Avani Dixit 2023).



Εικόνα 3: Συστατικά έξυπνης πόλης (Sorri 2021)

Όπως αναφέρει και ο Andrea Sorri (Sorri 2021), ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της έξυπνης πόλης, είναι ο τομέας της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων με την χρήση αισθητήρων και βελτιστοποίησης διαδρομών. Τέτοιου είδους αισθητήρες είναι δυνατό να βοηθήσουν και σε τομείς όπως είναι για παράδειγμα το πάρκινγκ, όπου μέσω εφαρμογής οι οδηγοί θα γνωρίζουν τον αριθμό και την τοποθεσία των διαθέσιμων θέσεων παρκαρίσματος στην περιοχή τους, κτλ.

Επομένως, το διαδίκτυο των πραγμάτων, η επικοινωνία μεταξύ συσκευών, και η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων είναι βασικά χαρακτηριστικά των έξυπνων πόλεων. Ακριβώς αυτά χρησιμοποιούνται στις τεχνολογίες από τις οποίες αποτελείται ο τομέας της έξυπνης διαχείρισης οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω.

Η τοποθέτηση τέτοιου είδους συστημάτων είναι μία πολυδιάστατη διαδικασία στην οποία λαμβάνονται υπόψη πολλές παράμετροι όπως το πόσα κριτήρια πληρούν τα προς εγκατάσταση έξυπνα λογισμικά, ποιό το κόστος τους εν συγκρίσει με αυτό των συμβατικών μεθοδολογιών, ποιός είναι εκείνος που θα θέσει τα κριτήρια που θα αναλυθούν παρακάτω, και τη βαρύτητα αυτών, κτλ.

Στο εν λόγω κεφάλαιο παρουσιάζονται πρώτα τα έξυπνα λογισμικά, έπειτα ο εξοπλισμός που τα φιλοξενεί, και τέλος ο συνδυασμός των δύο από τον οποίο προκύπτουν τα έξυπνα συστήματα που πρόκειται να αναλυθούν ως κάτω.

3-4 Αναφορές για τον ορισμό της έξυπνης διαχείρισης & των συστημάτων. (Τύπου 1+1 σελίδα, βασικός ορισμός + ότι στην πράξη είναι ο συνδυασμός λογισμικών & εξοπλισμού).

### **3.1 Παρουσίαση έξυπνων λογισμικών και τρόποι βελτιστοποίησης**

Ουσιαστικά η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων αποτελείται από τα έξυπνα λογισμικά και τον εξοπλισμό ο οποίος φιλοξενεί την εν λόγω τεχνολογία (κάδοι κτλ.). Τα εν λόγω λογισμικά εμφανίζουν τα δεδομένα που εισάγονται σε αυτά σε επιθυμητό από τους χρήστες περιβάλλον, ενώ έχουν ταυτόχρονα την δυνατότητα αυτόματης επεξεργασίας αυτών. Ως κάτω πραγματοποιείται ανάλυση των έξυπνων λογισμικών και η κύρια πηγή από την οποία αντλούνται τα δεδομένα τους στον τομέα της αποκομιδής αποβλήτων, που είναι οι αισθητήρες πλήρωσης.

### 3.1.1 Εφαρμογές στις οποίες θα έχουν πρόσβαση οι πολίτες

Ουσιαστικά είναι εφαρμογές συμβατές με Windows, IOS και Android με τις οποίες θα μπορούν οι πολίτες να μπορούν να ενημερώνουν ότι είναι απαραίτητο να περάσει ένα όχημα για συλλογή των απορριμμάτων τους από το σπίτι. Αυτό συνεπάγεται την αποφυγή τοποθέτησης κάδων σε δρόμους που η τοποθέτηση αυτών κρίνεται δύσκολη ή ανέφικτη. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαν να λειτουργούν τα κινητά πράσινα σημεία τα οποία αναφέρονται στο **Παρ. 1 του άρθρου 11 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ**. “Ως Κινητό Πράσινο Σημείο (ΚΙΠΣ) ορίζεται το αυτοκινούμενο ή ρυμουλκούμενο όχημα, το οποίο διαθέτει ξεχωριστά μέσα συλλογής, όπως κάδο ή κιβώτιο (container) για κάθε επιμέρους υλικό που συλλέγεται (Νόμος 4819/2021 - ΦΕΚ 129/Α/23-7-2021 2021). Τα ΚΙΠΣ εντάσσονται στον εξοπλισμό συλλογής και μεταφοράς αποβλήτων του Ο.Τ.Α. α’ βαθμού. Λειτουργούν βάσει προγράμματος της υπηρεσίας καθαριότητας των Ο.Τ.Α., το οποίο κοινοποιείται ευρέως στους πολίτες.”

Πρόκειται λοιπόν για λογισμικά τα οποία διαχειρίζονται πληροφορίες όπως είναι για παράδειγμα η μετάδοση τοποθεσίας του πράσινου κινητού σημείου σε πραγματικό χρόνο με διαχειριστές αυτών να είναι οι υπάλληλοι της διαδικασίας αποκομιδής, και οι πολίτες που προτίθενται να απορρίψουν τα απόβλητά τους. Τέτοιου είδους εφαρμογές διευκολύνουν την ενεργή συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία διαχείρισης των αστικών αποβλήτων συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην ευαισθητοποίηση και την εξοικείωση τους αναφορικά με τη σημαντικότητα της ανάπτυξης του τομέα της διαχείρισης αποβλήτων.

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης διαδραστικών οθονών στους έξυπνους κάδους (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας χ.χ.). Στις εν λόγω οθόνες, οι μικρότεροι σε ηλικίες πολίτες, και όχι μόνο, θα έχουν τη δυνατότητα εξοικείωσης με τη λειτουργία των έξυπνων κάδων αλλά και γενικότερα με την όλη διαδικασία της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων, παίζοντας για παράδειγμα παιχνίδια μικρής διάρκειας, ή διαβάζοντας απευθείας τα αναλυτικά χαρακτηριστικά του κάδου. Εκτός του παραπάνω, οι οθόνες όσο δεν είναι σε χρήση από κάποιον πολίτη, θα μπορούσαν να μεταφέρουν αυτοματοποιημένα μηνύματα και συμβουλές αναφορικά με τη διαχείριση αποβλήτων, κάθε φορά που πετώνται απορρίμματα στους κάδους. Τα μηνύματα αυτά μπορεί να έχουν ακόμα πιο ειδικό χαρακτήρα με τη βοήθεια

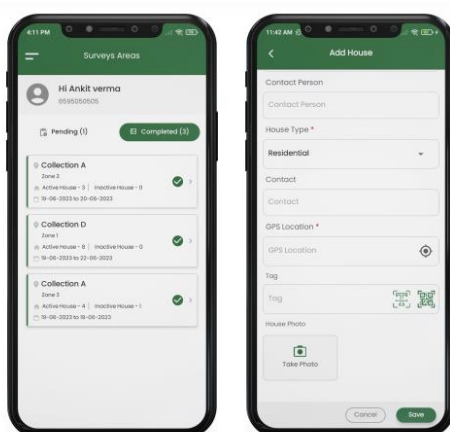


αισθητήρων οι οποίοι θα αντιλαμβάνονται τον τύπο απόβλητου που πετάει ο κάθε πολίτης. Για παράδειγμα αν κάποιος αισθητήρας αναγνωρίσει πλαστική σακούλα θα μπορεί η οθόνη με τη σειρά της να εμφανίζει ένα μήνυμα που προωθεί τη χρήση σακουλών πολλαπλών χρήσεων.

Οι ως άνω λειτουργίες έχουν τη δυνατότητα να τραβήξουν τα βλέμματα και το ενδιαφέρον των πολιτών, καθώς προωθούν τα έξυπνα λογισμικά και ένα ανανεωμένο σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων με απλά και καθημερινά παραδείγματα. Η εταιρία EnoEco έχει εφαρμόσει τη λειτουργία που αναφέρθηκε παραπάνω η οποία εμφανίζει προσωποποιημένα μηνύματα στους πολίτες με βάση τον τύπο απόβλητου που πετούν στους εν λόγω κάδους.

Τέλος, ακόμα και αν δεν έχει να κάνει στην πραγματικότητα με κάποια εφαρμογή, θα ήταν ιδιαίτερα λειτουργικό και αποτελεσματικό όσον αφορά την εκμάθηση και εξοικείωση των πολιτών, να διοργανώνονταν ημερίδες στις οποίες θα υπήρχε μεγάλη ποικιλία δραστηριοτήτων και σεμιναρίων μικρού μήκους που θα συνεπάγονταν την τριβή του κόσμου με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων.

Επιπροσθέτως, μέσω τέτοιου είδους εφαρμογών είναι δυνατό να γίνεται και η αποκομιδή πόρτα-πόρτα, η οποία θα είναι τα κύριο εργαλείο για την αποκομιδή των οργανικών αποβλήτων, όπως αναφέρεται και σε πολλά δημοτικά τοπικά σχέδια διαχείρισης αποβλήτων.



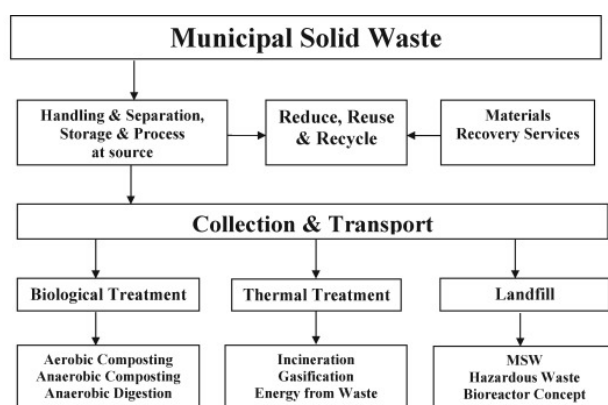
Εικόνα 4: Εφαρμογές προς χρήση από τους πολίτες

<https://www.hashstudioz.com/waste-collection-monitoring.html>



### 3.1.2 Λογισμικά GIS και RFID

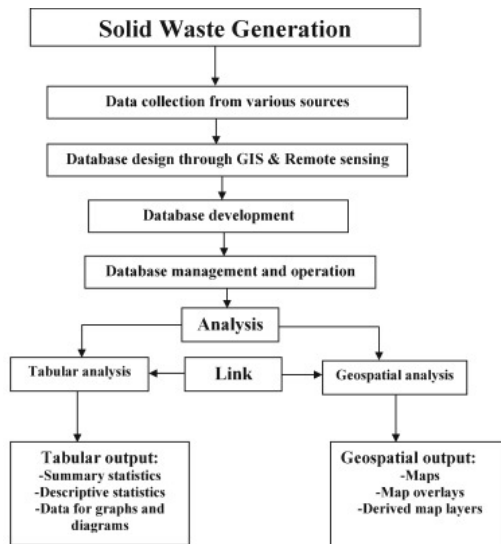
Με τη χρήση των ως άνω προγραμμάτων, συνδυαστικά με την τοποθέτηση αισθητήρων πλήρωσης στους κάδους απορριμμάτων, είναι πλέον εφικτό να πραγματοποιηθεί μία διαδικασία βελτιστοποίησης της διαδρομής των οχημάτων συλλογής (Ian D Bishop 2000). Αυτό με τη σειρά του συνεπάγεται τόσο την εξοικονόμηση πόρων, όσο και τη μείωση των ρύπων που εκκρίνουν τα εν λόγω οχήματα.



Εικόνα 5: Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων. (Singh, *Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal* 2019)

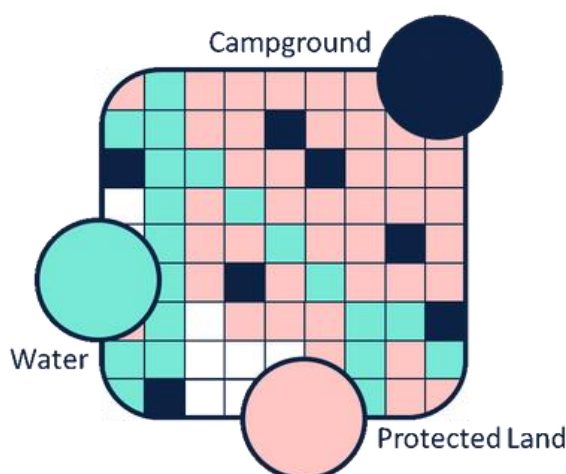
Εκτός της βελτιστοποίησης όμως των δρομολογίων, προκύπτει και η γνώση του πόσα από τα οχήματα θα χρειαστεί να συμμετέχουν στη διαδικασία, προσφέροντας την ικανότητα ακινητοποίησης μερικών από αυτά. Τις δύο προηγούμενες δεκαετίες, τα προγράμματα GIS σε συνδυασμό με τους αισθητήρες πληρότητας έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό για την καταπολέμηση του προβλήματος που έχει δημιουργηθεί στις πυκνοκατοικημένες πόλεις. Το ως άνω συμβαίνει διότι με τη χρήση αισθητήρων παρέχεται η πληροφορία του ποσοστού πληρότητας αλλά και της τοποθεσίας του κάδου σε περιβάλλον χάρτη GIS με βάση το οποίο γίνεται στη συνέχεια η βελτιστοποίηση των δρομολογίων. Τέτοιες μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί σε πολλές χώρες με προβλήματα στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων όπως η Ινδία και το Πράσινο Ακρωτήριο. Παρακάτω φαίνεται η σειρά διαδικασιών που ακολουθείται στη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων.

Ο τομέας της συλλογής και μεταφοράς των απορριμμάτων έχει τη δυνατότητα να αναπτυχθεί και να είναι σημαντικά πιο αποτελεσματικός με τη χρήση τέτοιου είδους συστημάτων έτσι ώστε να εξοικονομούνται πόροι και να μειώνεται η έκκριση αερίων του θερμοκηπίου.

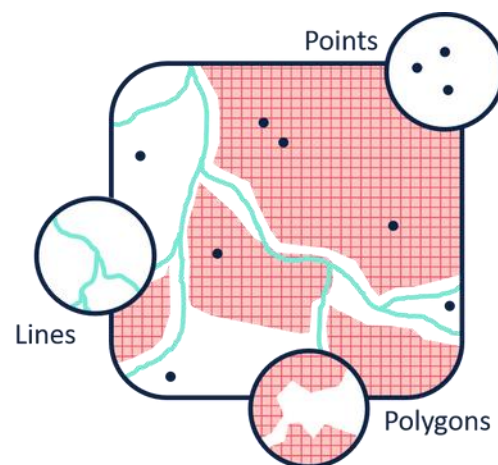


Εικόνα 6: Παραγωγή στερών αποβλήτων. αποβλήτων (Singh, *Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal* 2019)

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες πληρότητας και η είσοδος τους σε περιβάλλον GIS. Η ανάλυση όπως φαίνεται γίνεται συνδυαστικά, παρουσιάζοντας δηλαδή τα στατιστικά υπό μορφή πινάκων “Tabular” και καταγράφοντας συντεταγμένες πάνω στο χάρτη όπως για παράδειγμα με την ένδειξη κάποιας διεύθυνσης, ταχυδρομικού κώδικα ή γενικότερα γεωγραφικές συντεταγμένες “Geospatial”. Η δεύτερη ανάλυση δεδομένων τύπου spatial, χωρίζεται σε δύο πιθανές μορφές. Αρχικά η μορφή vector, στην οποία ο πραγματικός κόσμος παρουσιάζεται μέσω διανυσμάτων με τη βοήθεια σημείων από τα οποία προκύπτουν γραμμές και πολύγωνα.



Εικόνα 8: Ανάλυση vector. (Firmin 2019)



Εικόνα 7: Ανάλυση raster. (Firmin 2019)

Από την άλλη πλευρά, η ανάλυση τύπου raster, δημιουργεί ουσιαστικά έναν χάρτη με μορφή κελιών όπου το καθένα περιέχει μία συγκεκριμένη τιμή με βάση τις μετρήσεις. Κάποια από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης GIS φαίνονται παρακάτω (Singh, Remote sensing and GIS applications for municipal waste management 2019):

#### Πλεονεκτήματα:

- 1) Εξοικονόμηση χρόνου και κάλυψη μεγάλων περιοχών.
- 2) Σχετικά οικονομική διαδικασία.
- 3) Γρήγορη εξαγωγή και επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων.
- 4) Ταχύτατη ανάλυση και μεταφορά δεδομένων.

#### Μειονεκτήματα:

- 1) Δεν είναι ιδιαίτερα λεπτομερές.
- 2) Όχι κατάλληλο για μικρές περιοχές.
- 3) Χρειάζεται επαγγελματικές υποδομές για την εξαγωγή δεδομένων.

### **3.1.3 Η χρήση υπερηχητικών αισθητήρων στάθμης των αποβλήτων στους κάδους απορριμμάτων και η επεξεργασία δεδομένων αυτών**

Οι αισθητήρες τέτοιου τύπου λειτουργούν με τη χρήση ενός πομπού και ενός δέκτη ώστε με το ηχητικό σήμα που στέλνει ο πομπός, ο δέκτης να υπολογίζει την απόσταση που διένυσε ο ήχος (με το χρόνο που έκανε δηλαδή να αντληφθεί ο αισθητήρας το σήμα), υπολογίζοντας έτσι την απόσταση της κορυφής των αποβλήτων από το καπάκι του κάδου. Με τη χρήση της ως άνω τεχνολογίας επιτυγχάνεται η συνεχής γνώση της στάθμης κάθε κάδου, βελτιστοποιώντας έτσι την πιθανή διαδρομή που θα εκτελούν τα οχήματα συλλογής αλλά και πολλά άλλα στάδια στην όλη διαδικασία (π.χ. συλλογή δεδομένων). Μόλις η στάθμη των απορριμμάτων εντός του κάδου φτάσει μία συγκεκριμένη τιμή πλαφόν, οι εν λόγω αισθητήρες στέλνουν σήμα σε έναν προκαθορισμένο server του οποίου η μεταφορά πραγματοποιείται σε μορφή GPRS και κατ' αυτόν τον τρόπο παρέχεται η πληροφορία στο κέντρο ελέγχου ότι ο κάδος

βρίσκεται αι σε κατάσταση συλλογής. Η καταχώρηση των πληροφοριών αυτών είναι αυτόματη σε λογισμικό GPRE. Έτσι καταγράφονται στοιχεία που αφορούν τους κάδους αυτούς και παρέχεται η δυνατότητα σε ερευνητικές ομάδες να διεξάγουν μελέτες και έρευνες με βάση αυτά (Abdullah Al Jaid Jim 2019).

Κάποια από τα πλεονεκτήματα της εγκατάστασης αισθητήρων πληρότητας σε κάδους φαίνονται παρακάτω:

- 1) Υπάρχει δυνατότητα ενσωμάτωσης αισθητήρων πληρότητας στο καπάκι των ήδη υπάρχοντων κάδων, χωρίς να χρειάζεται έτσι ο ακαριαίος εκσυγχρονισμός όλων των κάδων μίας περιοχής.
- 2) Μείωση του αριθμού δρομολογίων των οχημάτων και ταυτόχρονα αύξηση της παραγωγικότητας αυτών λόγω της γνώσης του ποιοί κάδοι είναι πλήρεις. Το παραπάνω σημαίνει επίσης τη μείωση του χρόνου αλλά και του κόστους εργασίας των υπαλλήλων.
- 3) Η μακροζωία των αισθητήρων καθώς η μπαταρία που διαθέτουν παρέχει αυτόνομη λειτουργία 5 χρόνων.
- 4) Το κόστος της διαδικασίας συλλογής των απορριμμάτων μειώνεται κατά 40% λόγω των μηδενικών πλέον άσκοπων δρομολογίων (Ifigeneia 2016 ).

Ο υπολογισμός της στάθμης υπολογίζεται όπως φαίνεται ως κάτω (Arindam Roy 2022):

$$V_{lt} = V_{l0} + R_{vl} \times T_m$$

*V<sub>lt</sub>* είναι η ταχύτητα του ήχου σε θερμοκρασία τα βαθμών Κελσίου,

*V<sub>l0</sub>* είναι η ταχύτητα του ήχου στους 0 βαθμούς Κελσίου,

*T<sub>m</sub>* είναι η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου

*R<sub>vl</sub>* είναι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας με ανά βαθμό αύξηση της θερμοκρασίας

$$\text{Distance (Dt)} = (V_{lt} \times \text{Time}) / 2,$$

*Time* είναι ο χρόνος που πραγματοποιεί τον έλεγχο ο αισθητήρας.

$$\text{Percentage filled} = 100$$

Πέραν των αισθητήρων πληρότητας, είναι δυνατή και η εγκατάσταση αισθητήρων θερμοκρασίας στους κάδους απορριμμάτων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ζωτικής σημασίας, είναι το ξέσπασμα πυρκαγιάς. Εάν εκείνη ξεκινήσει από τον ίδιο τον κάδο, το κέντρο ελέγχου ενημερώνεται εγκαίρως είτε από την εφαρμογή που αναγράφει αυτά τα δεδομένα, είτε μέσω αποστολής αυτοματοποιημένου mail που αποστέλλει ο αισθητήρας στους διαχειριστές. Το παραπάνω συνεπάγεται την αποτελεσματική και γρήγορη αντιμετώπιση του προβλήματος που προκύπτει και αυξάνει σημαντικά τα μέτρα ασφαλείας των κάδων. Εκτός όμως της περίπτωσης που η πυρκαγιά ξεκινάει από τον κάδο, ακόμα και στην περίπτωση μίας μεγαλύτερης έκτασης πυρκαγιάς, οι αισθητήρες θερμοκρασίας μπορεί να αποδειχθούν ένα αποτελεσματικό μέσο εντοπισμού της πορείας αυτής σε πραγματικό χρόνο. Το παραπάνω συμβαίνει διότι μέσω μίας εφαρμογής όπως το google Maps που θα παρακολουθεί το κέντρο ελέγχου, θα φαίνεται σε ποιους κάδους αυξάνονται τα επίπεδα θερμοκρασίας. Οι εν λόγω πληροφορίες θα μπορούν να διαμοιράζονται ταυτοχρόνως στο πυροσβεστικό σώμα, το οποίο με τη σειρά του έχει τη δυνατότητα να τις εκμεταλλευτεί για τον επιτυχή έλεγχο και την πυρόσβεση.

### **3.2 Παρουσίαση του εξοπλισμού που θα φιλοξενεί τα έξυπνα λογισμικά**

Ο εξοπλισμός των έξυπνων λογισμικών είναι ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζονται οι λειτουργίες και τα πλεονεκτήματα που μπορούν αυτά να προσφέρουν σε ένα σύστημα διαχείρισης αποβλήτων. Σε αυτόν περιλαμβάνονται έξυπνοι κάδοι που πραγματοποιούν αυτόματη συμπίεση, βυθιζόμενη κάδοι, αυτόματα συστήματα αναρρόφησης κενού κτλ.

#### **3.2.1 Συμπιεστής Απορριμμάτων τροφοδοτούμενος από ηλιακή ενέργεια (φωτοβολταϊκά)**

Ουσιαστικά αφορά έναν κάδο απορριμμάτων ο οποίος θα πραγματοποιεί συμπίεση των αποβλήτων κάθε φορά που φτάνει συγκεκριμένα ποσοστά πλήρωσης. Η ως άνω διαδικασία συνεπάγεται πρακτικά την αύξηση του όγκου ενός κάδου απορριμμάτων από 5 έως 8 φορές, καθώς η στάθμη των αποβλήτων που περιέχει θα πέφτει μετά από κάθε συμπίεση με αποτέλεσμα να παρατείνεται το χρονικό διάστημα ώστε να είναι

πλήρης. Επιπλέον, είναι θετικό στοιχείο το γεγονός ότι τροφοδοτείται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα τοποθετημένο σε αυτόν. Είναι λοιπόν ένα σύστημα το οποίο κρίνεται οικονομικό και εκτός αυτού υπάρχει η δυνατότητα ασύρματου χειρισμού αυτού σε πραγματικό χρόνο.

### 3.2.2 Υπόγειοι κάδοι απορριμμάτων

Ένα σχετικά απλό αλλά με αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τους συμβατικούς κάδους. Ένα υπόγειο σύστημα κάδων προσφέρει εξαφάνιση οποιασδήποτε οσμής, βακτηρίων, ιών και άλλων ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών ενός συμβατικού συστήματος κάδων.

Οι βυθιζόμενοι κάδοι διαθέτουν πλέον και συμπιεστές οι οποίοι ουσιαστικά αυξάνουν τη χωρητικότητα των κάδων κατά 7-12 φορές, γεγονός το οποίο μειώνει σημαντικά τις διαδρομές που εκτελούν τα απορριμματοφόρα, με ότι άλλο θετικό συνεπάγεται αυτό. Πιο συγκεκριμένα, μείωση εκροών αερίων του θερμοκηπίου αλλά και γενικότερα που είναι επιβλαβή για το περιβάλλον και τον άνθρωπο, μείωση κατανάλωσης υλικών και χρηματικών πόρων, μειωμένη καταπόνηση των οχημάτων με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου ζωής τους.



Εικόνα 9: Παράδειγμα συστήματος υπόγειων κάδων. (ΙΟΤΚΟVSKA 2021)

### **3.2.3 Κάδοι “ΑΤΜ” ανακύκλωσης ηλεκτρικών συσκευών**

Αφορά πολύ απλά κάδους στους οποίους ο πολίτης θα πετάει μία μη λειτουργική πλέον ηλεκτρική συσκευή και θα “πληρώνεται” το αντίστοιχο ποσό από τον ίδιο τον κάδο ανακύκλωσης των συσκευών αυτών. Τέτοιου είδους κάδοι θα μπορούσαν να τοποθετηθούν στα “πράσινα σημεία” τα οποία είναι απαραίτητο να υπάρχουν βάση της νομοθεσίας του κράτους, Παρ. 1 του άρθρου 11 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ (Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου 2008).

### **3.2.4 Κάδοι διαχωρισμού απορριμμάτων**

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει τη δυνατότητα να διαχωρίζει από μόνο του για παράδειγμα τα οργανικά από τα ανακυκλώσιμα προϊόντα με τη βοήθεια αισθητήρων, καμερών και την κατάλληλη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Συμπερασματικά, προστίθεται μία παραπάνω μεταβλητή στην περίπλοκη εξίσωση του σωστού διαχωρισμού των αποβλήτων, πριν αυτά καταλήξουν μπροστά από ανθρώπινα πλέον μάτια στο εργοστάσιο που θα πραγματοποιηθεί ο κύριος διαχωρισμός τους.

Το παραπάνω θα μπορούσε να βελτιώσει τέτοιου είδους προβλήματα τα οποία κοστίζουν χρήματα λόγω πλήθους των κάδων και είναι απαραίτητο να συνδυαστούν με την ευαισθητοποίηση και εκμάθηση των πολιτών για τη λειτουργία τους:

Για τη χωριστή συλλογή των υλικών, σύμφωνα με τον παρόντα, χρησιμοποιούνται υποχρεωτικά κάδοι ή μέσα συλλογής διαφορετικού χρώματος. Οι προδιαγραφές των χρωμάτων και των συμβόλων για κάθε υλικό καθορίζονται στο Παράρτημα V του Μέρους Β νόμου 4819/2021 (Νόμος 4819/2021 - ΦΕΚ 129/Α/23-7-2021 2021).

### **3.2.5 Σωλήνες αναρρόφησης κενού**

Οι πολίτες θα πετούν τα σκουπίδια τους στον κατάλληλο κάδο απορριμμάτων, από τον οποίο με τη βοήθεια ενός συστήματος αναρρόφησης, θα οδηγούνται στον επόμενο τους προορισμό, το κέντρο συλλογής. Το ως άνω προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμων αφού θα χρειάζεται να πραγματοποιούνται ελάχιστα δρομολόγια απορριμματοφόρων,

κυρίως Σε κάδους που έχουν κάποια βλάβη, το οποίο θα γίνεται γνωστό μέσω των αισθητήρων που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Τέτοιου είδους σύστημα, χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από σουηδικά νοσοκομεία τη δεκαετία του 1960.

### **3.3 Παρουσίαση αρχιτεκτονικής έξυπνων συστημάτων διαχείρισης**

Από τον συνδυασμό των παραπάνω, δηλαδή των έξυπνων λογισμικών και του εξοπλισμού της διαδικασίας συλλογής των αποβλήτων, προκύπτουν τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων με την βοήθεια των οποίων θα αναπτυχθεί ένα πλέον έξυπνο σύστημα διαχείρισης.

#### **3.3.1 Κάδος απορριμμάτων με λειτουργία αυτόματης συμπίεσης και αισθητήρες πλήρωσης**

Ουσιαστικά πρόκειται για την ένταξη αισθητήρων πληρότητας στους εν λόγω κάδους ώστε να πραγματοποιούν αυτόματη συμπίεση μόλις φτάνουν σε προκαθορισμένη στάθμη αποβλήτων, μειώνοντας έτσι την συχνότητα αποκομιδής από τα απορριμματοφόρα οχήματα.

Πρακτικά, τέτοιου είδους κάδοι (μέχρι να αντικατασταθούν όλοι οι συμβατικοί κάδοι από αυτούς) τοποθετούνται κυρίως σε κεντρικά σημεία στα οποία παρουσιάζονται



*Εικόνα 10.: Κάδος Big Belly*

*(Big Belly 2023)*

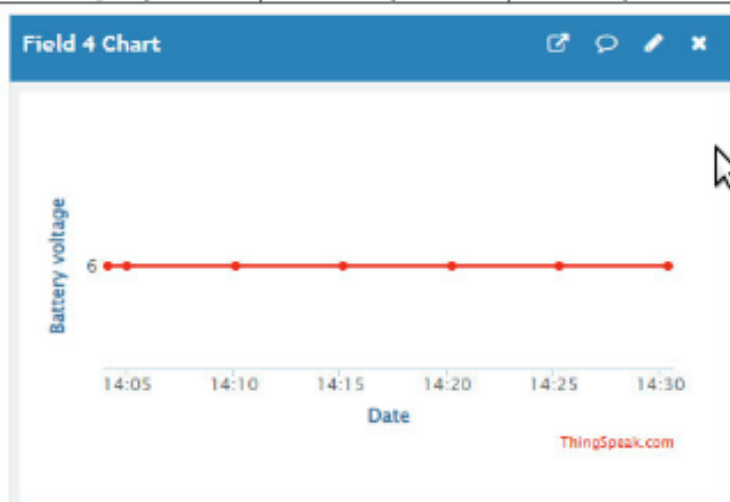


προβλήματα λόγω του μεγάλου όγκου απορριμμάτων που παράγονται καθημερινά από τους κατοίκους των εν λόγω περιοχών.

Το σύστημα παραγωγής ενέργειας ουσιαστικά αποτελείται από ένα μικρό φωτοβολταϊκό, μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία και ένα χειριστήριο. Υπολογίζεται ότι η μονάδα χρειάζεται 5V, 160mA Dc για να μπορεί να αντλεί και να μεταφέρει δεδομένα μέσω cloud. Για να πραγματοποιηθεί το παραπάνω, κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάνελ των 24V.

Είναι απαραίτητο να παρατηρείται η τάση της μπαταρίας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ώστε να είναι σίγουρο πως φτάνει τις απαραίτητες τιμές, όπως είναι τα 6V τα οποία έπρεπε να φτάσει στο ως κάτω πείραμα της εικόνας.

Time	6 am	10 am	2 pm	6 pm	10 pm	2 pm
Battery voltage	5	6	6	5.85	5.6	5.3



Εικόνα 11: Διάγραμμα τάσης μπαταρίας/ χρόνου (G. Kumaravel 2022)

Φαίνεται ξεκάθαρα ότι τις βραδινές ώρες η τάση πέφτει λόγω απουσίας του ηλιακού φωτός και αυτός είναι ο λόγος που είναι κρίσιμη η παρακολούθηση της εντός της μέρας ώστε να λειτουργεί ομαλά και τις βραδινές ώρες. Τέλος είναι αναμενόμενο ότι όσο αυξάνεται η ηλικία της μπαταρίας τόσο μειώνεται και η αποδοτικότητα της. Οι εν λόγω μπαταρίες από την άλλη είναι ικανές να κρατήσουν έως και 5 χρόνια το οποίο καθιστά αρκετά φθηνό το κόστος αλλαγής τους λόγω της μεγάλης του συχνότητας.



Επιπλέον, *Εικόνα 12: Διάγραμμα στάθμης αποβλήτων εντός του κάδου/ χρόνου (G. Kumaravel 2022)* όπως

παρουσιάζεται στο ως άνω διάγραμμα παρατηρείται και αναλύεται και η στάθμη των κάδων γεγονός το οποίο μπορεί να βοηθήσει στη διεξαγωγή ερευνών αλλά κυρίως στη βελτιστοποίηση και στο χρονοδιάγραμμα των δρομολογίων από τα οχήματα συλλογής (G. Kumaravel 2022).

Με την τοποθέτηση τέτοιου είδους συστημάτων, τα δρομολόγια των οχημάτων αποκομιδής θα μειώνονταν σημαντικά, καθώς οι εν λόγω κάδοι χρίζουν αποκομιδής κάθε 7-12 ημέρες. Το ως άνω γεγονός συνεπάγεται τη μείωση των ρύπων και των εκκρίσεων αερίων του θερμοκηπίου από τα οχήματα έως κατά 80%, εξοικονομώντας με αυτόν τον τρόπο αξιόλογα χρηματικά ποσά λόγω της μειωμένης ανάγκης από καύσιμα. Το μειονέκτημα των εν λόγω κατασκευών όπως θα φανεί και παρακάτω, είναι η τιμή αγοράς καθώς ένας κάδος big belly κοστίζει περίπου 4000\$ εν συγκρίσει με τους συμβατικούς κάδους με ποδομοχλό που κοστίζουν μόλις 350 € ανά μονάδα.

### **3.3.2 Βυθιζόμενοι έξυπνοι κάδοι με αισθητήρες πλήρωσης και λειτουργία αυτόματης συμπίεσης**

Πρακτικά είναι όπως το προηγούμενο σύστημα που παρουσιάστηκε με την μόνη διαφορά ότι οι εν λόγω κάδοι είναι υπόγειοι. Η αποκομιδή πραγματοποιείται με τη βοήθεια αισθητήρων που καθιστούν εφικτή τη γνώση της ποσότητας αποβλήτων που περιέχουν οι εν λόγω κάδοι. Επιπροσθέτως, αποφεύγεται η “οπτική ρύπανση” και

προκύπτει η ωραιοποίηση των δρόμων και των πεζοδρομίων. Επιπλέον, είναι δυνατή η τοποθέτηση των παραδοσιακών κάδων στα υπόγεια συστήματα, μετά από μικρό – μετατροπές κάτι το οποίο συνεπάγεται την εξοικονόμηση χρημάτων που θα χρειαζόταν να επενδυθούν εάν η διαδικασία ξεκινούσε από το μηδέν. Το ως άνω παρέχει τη δυνατότητα μίας αρχικής αναβάθμισης των συμβατικών κάδων στους οποίους θα εγκατασταθούν αισθητήρες πληρότητας και θα τοποθετηθούν υπόγεια, με μόνο μειονέκτημα το γεγονός ότι δεν θα πραγματοποιούν συμπίεση των αποβλήτων που περιέχουν. Ακόμα και έτσι, μειώνονται πρακτικά τα δρομολόγια των οχημάτων διότι πλέον το κέντρο ελέγχου γνωρίζει ποιοι κάδοι χρήζουν αποκομιδής, μέσω της αντίστοιχης εφαρμογής. Αφού πραγματοποιηθεί το παραπάνω, οι κάδοι μπορούν να αντικαθίστανται σταδιακά, με εκείνους που πραγματοποιούν τη λειτουργία της αυτόματης συμπίεσης.

Κύριο μειονέκτημα τέτοιου είδους συστημάτων είναι το υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης, το οποίο συνεπάγεται μεγάλο χρονικό διάστημα απόσβεσης της επένδυσης. Στον δήμο περάματος η εγκατάσταση 3 ζευγαριών έξυπνων βυθιζόμενων κάδων κόστισε σχεδόν 180.000 €, εν αντιθέσει με τα 350 περίπου € που κοστίζει ένας απλός συμβατικός κάδος.

### **3.3.3 Ποσοστό πλήρωσης σε κάδους «ΑΤΜ»**

Ένταξη αισθητήρων πλήρωσης στις εν λόγω εγκαταστάσεις ώστε να γνωρίζει το κέντρο ελέγχου πότε χρίζουν αποκομιδής. Εκτός αυτού, εντάσσονται αισθητήρες με την βοήθεια των οποίων το μηχάνημα θα ξέρει πόσο να ανταμείψει τον πολίτη που απορρίπτει κάποιο αντικείμενο σε αυτόν. Πρακτικά το κόστος του συγκεκριμένου συστήματος είναι μονάχα η αγορά και εγκατάσταση των υπερηχητικών αισθητήρων (περίπου 300 € ανά μονάδα).

### **3.3.4 Κάδοι αυτόματου διαχωρισμού**

Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί τους αισθητήρες ώστε να πραγματοποιεί αυτόματο διαχωρισμό στα απορρίμματα που πετιόνται σε αυτό. Με αυτόν τον τρόπο δεν είναι απαραίτητο οι πολίτες να πραγματοποιούν τον διαχωρισμό, που πολλές φορές είναι φυσιολογικό μέχρι και να το ξεχάσει κανείς, αλλά το ίδιο το μηχάνημα είναι πλέον υπεύθυνο για την ως άνω διαδικασία. Από ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων δεν μπορούν να λείπουν ταυτόχρονα οι αισθητήρες πλήρωσης ώστε να υπάρχει πλήρης γνώση της στάθμης των αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο.

### **3.3.5 Έξυπνο σύστημα αναρρόφησης κενού**

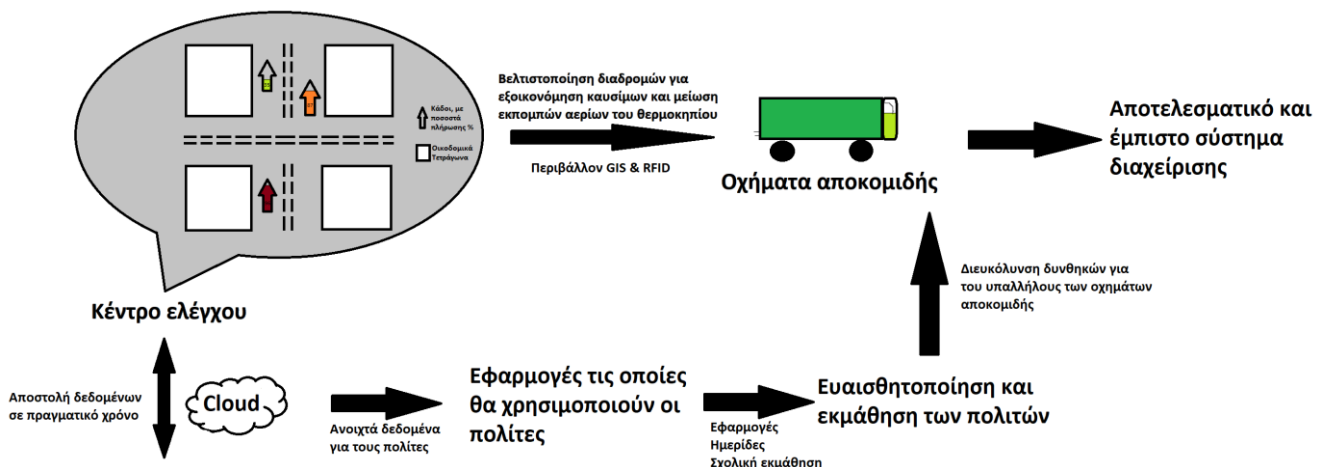
Τέτοιου είδους συστήματα είναι δυνατό να πραγματοποιούν αυτόματη αναρρόφηση με την βοήθεια ενός υπερηχητικού αισθητήρα ο οποίος, όπως και στα παραπάνω συστήματα, θα δίνει εντολή εκτέλεσης αναρρόφησης μόλις η στάθμη των αποβλήτων φτάσει το προκαθορισμένο επίπεδο. Το εν λόγω σύστημα δεν αναγράφεται στον ως κάτω πίνακα διότι θεωρείται απλά πρόσθετο χαρακτηριστικό που τα έξυπνα συστήματα οφείλουν να διαθέτουν.

### **3.3.6 GIS, RFID & Εφαρμογές ανοιχτές στους πολίτες**

Με την βοήθεια προγραμμάτων τύπου GIS & RFID, πραγματοποιείται βελτιστοποίηση διαδρομών που εκτελούν τα οχήματα αποκομιδής καθώς υπάρχει συνεχής πληροφορία που αφορά το ποσοστό πλήρωσης των κάδων, δίνοντας έτσι την δυνατότητα σε εφαρμογές να υπολογίζουν την βέλτιστη διαδρομή που μπορεί να ακολουθήσει κάθε όχημα. Τέλος, κρίνεται απαραίτητο να σημειωθεί πως όλα τα έξυπνα συστήματα είναι δυνατό να είναι συνδεδεμένα με εφαρμογές από στις οποίες οι πολίτες θα μπορούν ανά πάσα στιγμή να έχουν πρόσβαση είτε από τα κινητά τους τηλέφωνα είτε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, ώστε να βλέπουν τα δεδομένα που θα παρέχονται αναφορικά με το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων κάθε δήμου. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα 2 παραπάνω δεν αναγράφονται ως έξυπνα συστήματα καθώς θεωρούνται χαρακτηριστικά που πρέπει να έρχονται πακέτο με κάθε έξυπνο σύστημα της αγοράς.

### 3.3.7 Αποκομιδή πόρτα-πόρτα (door to door) με την βοήθεια εφαρμογών

Με την μέθοδο της αποκομιδής πόρτα-πόρτα επιτυγχάνεται η αποφυγή εγκατάστασης επιπλέον κάδων στους δρόμους του δήμου, για νέα ρεύματα όπως αυτά των βιοαποβλήτων. Η πρόταση είναι κάθε νοικοκυριό να έχει έναν ατομικό καφέ κάδο εντός της οικίας του, ο οποίος θα αδειάζει καθημερινά σε ένα κινητό πράσινο σημείο που θα έχει συγκεκριμένες ώρες διέλευσης. Οι πολίτες θα γνωρίζουν μέσω εφαρμογής που θα μπορούν να κατεβάσουν στο κινητό τους τηλέφωνο, την θέση και την ώρα προσέλευσης του οχήματος αποκομιδής από το σπίτι τους. Το παραπάνω σενάριο δημιουργεί ταυτόχρονα την αίσθηση προσωπικής ευθύνης στους πολίτες, καθώς ο κάδος βρίσκεται εντός του σπιτιού τους, κάτι το οποίο κρίνεται ως ένα ακόμη εργαλείο ευαισθητοποίησης ως προς το θέμα. Τέλος, με την ως άνω μέθοδο πραγματοποιείται διαχωρισμός των αποβλήτων καθώς πλέον τα οργανικά βιοαπόβλητα δεν θα τοποθετούνται στους καφέ κάδους των σύμμεικτων.



Σχήμα 2: Διάγραμμα λειτουργιών έξυπνων λογισμικών




Πίνακας 1: Έξυπνα συστήματα και βασικά χαρακτηριστικά αυτών




Λειτουργίες/ Συστήματα	Κόστος Αγοράς & Εγκατάστασης (Ανά μονάδα)	Λογισμικό και εξοπλισμός που χρησιμοποιεί	Μείωση κατανάλωσης πόρων (καυσίμων)*	Πεδίο εφαρμογής	Λειτουργία
Κάδος απορριμμάτων με λειτουργία αυτόματης συμπίεσης και αισθητήρες πλήρωσης	~4.000€	Υπερηχητικοί αισθητήρες, κάδος εξοπλισμένος με συμπίεστη και φωτοβολταϊκό	Ιδιαίτερα υψηλή καθώς ένας τέτοιου είδους κάδος που πραγματοποιεί την αυτόματη συμπίεση πολλαπλασιάζει την πραγματική του χωρητικότητα, άρα μειώνει και την συχνότητα αποκομιδής	Πόλεις (Μεγάλη ποσότητα στο Άμστερνταμ, ξεκινώντας από τα κεντρικά σημεία)	Αυτόματη συμπίεση απορριμμάτων για αύξηση χωρητικότητας.
Βυθιζόμενοι έξυπνοι κάδοι με αισθητήρες πλήρωσης και λειτουργία αυτόματης συμπίεσης	~30.000-60.000€	Υπερηχητικοί αισθητήρες, κάδος εξοπλισμένος με συμπίεστη και φωτοβολταϊκό, βυθιζόμενος κάδος απορριμμάτων.	Ιδιαίτερα υψηλή καθώς ένας τέτοιου είδους κάδος που πραγματοποιεί την αυτόματη συμπίεση πολλαπλασιάζει την πραγματική του χωρητικότητα, άρα μειώνει και την συχνότητα αποκομιδής	Κεντρικά σημεία πόλεων για την επίτευξη αποσυμφόρησης λόγω αυξημένης χωρητικότητας.	Καταπολέμηση, οπτικής ρύπανσης, δυσοσμίας και αύξηση όγκου με την αυτόματη συμπίεση
Ποσοστό πλήρωσης σε	Τοποθέτηση	Αισθητήρες πλήρωσης και	Συνεισφορά στην ανακύκλωση	Πλατείες πόλεων	Ώθηση των πολιτών στην




κάδους «ΑΤΜ»	αισθητήρων ~300 €	κάδος με λειτουργία ανταμοιβής		όπου συγκεντρώνονται πολίτες	νοοτροπία της ανακύκλωσης
Κάδοι αυτόματου διαχωρισμού	Αναλόγως την developer εταιρία	Αισθητήρας εντοπισμού, ποσοστού πλήρωσης, κάδος που έχει την δυνατότητα διαχωρισμού υλικών	Πρακτικά εξοικονομούν χρόνο από τον χειροκίνητο διαχωρισμό στο εργοστάσιο		Αποσυμφόρηση κέντρων ανακύκλωσης καθώς τα υλικά φτάνουν ήδη χωρισμένα ανά κατηγορία
Έξυπνο σύστημα αναρρόφησης κενού	Σχετικά χαμηλό συγκριτικά με το μέγεθος της εγκατάστασής της	Αισθητήρες πλήρωσης, σωλήνες αναρρόφησης κενού	Εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμων αφού τα απόβλητα παραλαμβάνονται εκτός πόλης	Υπόγεια σε πόλεις ώστε τα απόβλητα να οδηγούνται έξω από αυτές. Πρώτη εφαρμογή στη Σουηδία	Μείωση χρήσης οχημάτων αποκομιδής και μεταφορά όλων των αποβλήτων υπογείως
Κινητό πράσινο σημείο για την χωριστή συλλογή επιθυμητού τύπου αποβλήτων	Δημιουργία ή αγορά της εφαρμογής από κάποια εταιρία + Προμήθεια οχημάτων που θα	Εφαρμογή που θα χρησιμοποιείται από τους πολίτες, κινητό πράσινο σημείο αποκομιδής, αισθητήρας πλήρωσης κινητού πράσινου σημείου, ή κάποια ζυγαριά	Μειώνει τα καύσιμα εάν τα οχήματα έχουν μικρότερη κατανάλωση καυσίμου από τα απορριμματοφόρα που θα χρησιμοποιούνταν αν	Χώρες ανά τον κόσμο	Χωριστή συλλογή αποβλήτων, δημιουργία αίσθησης προσωπικής ευθύνης στους πολίτες

	οριστούν ως κινητά πράσινα σημεία	για μέγιστο βάρος που μπορεί να δεχτεί	οι κάδοι ήταν υπαίθριοι		
--	--	--	----------------------------	--	--







Εταιρία	Σύστημα	Κόστος	Εφαρμογή	Επιπλέον χαρακτηριστικά
<p>Dotsoft</p> 	<p>Easy Bin</p> <p>Πλατφόρμα παρακολούθησης πληρότητας των κάδων χρησιμοποιώντας αισθητήρες πλήρωσης με δυνατότητα ενσωμάτωσης GPS</p>	<p>200-220 ευρώ, ενώ αυτοί με GPS κοστίζουν γύρω στα 300 ευρώ</p>	<p>Δήμοι Ν. Σκουφά &amp; Ζίτσας</p>	<p>Παρέχει πληροφορίες που αφορούν την τοποθεσία, την εσωτερική θερμοκρασία του κάδου και την στάθμη μπαταρίας του συστήματος</p>
<p>Bigbelly</p> 	<p>Smart Max bin</p> <p>Κάδος 571 λίτρων με λειτουργίας αυτόματης συμπίεσης απορριμμάτων και αισθητήρα πλήρωσης</p>	<p>4000 ευρώ ανά μονάδα, με καλύτερη τιμή στην αγορά ποσότητας</p>	<p>Πάνω από 60 χώρες σε όλο τον κόσμο</p>	<p>Αισθητήρας που εκτός από την στάθμη αποβλήτων που προωθεί σε πραγματικό χρόνο στο κέντρο ελέγχου, δίνει την εντολή αυτόματης συμπίεσης των απορριμμάτων στο εσωτερικό του (5 συμπίεσεις)</p>
<p>Green Creative R3D3</p> 	<p>Κάδος αυτόματου διαχωρισμού υλικών</p>	<p>Περίπου 4000 ευρώ</p>	<p>Μ.Δ. -</p>	<p>3 κοντέινερ χωρητικότητας 40 λίτρων το κάθε ένα για πλαστικά μπουκάλια,</p>




				αλουμινένια κουτάκια και χάρτινα ποτήρια
<p>Dotsoft</p> 	Πλατφόρμα fleeto waste management	Μ.Δ.	Δήμοι Βισαλτίας & Ζίτσας	Παρακολούθησ η των οχημάτων αποκομιδής σε πραγματικό χρόνο, καταγραφή ζυγίσεων, ιστορικό διαδρομών και ζυγίσεων, στατιστικά στοιχεία, κτλ.
<p>Gepalift</p> 	SB 1100 Βυθιζόμενος κάδος με λειτουργία αυτόματης συμπίεσης και αισθητήρα πλήρωσης	Μ.Δ.	Δήμος Αγ. Παρασκευής κτλ	Κάθε κάδος τέτοιου είδους έχει την δυνατότητα να χωρέσει πάνω από 8 συμπιεσμένους κάδους των 1100 λίτρων
<p>Gepalift</p> 	Κάδος BN Μικρός υπόγειος κάδος απορριμμάτων	Μ.Δ.		Αδειάζεται με μία σκούπα που θα διαθέτουν τα οχήματα οδοκαθαρισμού η τα οχήματα αποκομιδής.




				Ύψος ενός μέτρου και διάμετρος 25 εκατοστά (500 ή 1000 λίτρα)
Gepalift 	BA2 Υπόγειος κάδος με δυνατότητα εγκατάστασης αισθητήρων	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Χωρητικότητα 3000 λίτρων σε κάθε έναν από τους 2 κάδους και δυνατότητα εγκατάστασης αισθητήρα πλήρωσης και αυτόματης πυρόσβεσης
Bigbelly 	Clean™ Software	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Ποσοστό πληρότητας των κάδων σε πραγματικό χρόνο, συλλογή δεδομένων, δυνατότητα αλλαγών του συστήματος μέσω εφαρμογής
EvoEco 	The Evo Bin Σύστημα το οποίο βοηθάει τους πολίτες όσον αφορά την	10000, για ένα σετ 3 κάδων διαφορετικού τύπου αποβλήτων	Μ.Δ.	Μηνύματα εκμάθησης και εξοικείωσης μέσω οθονών στο πάνω μέρος των κάδων τα οποία δείχνουν

	κατηγοριοποίηση των αποβλήτων			μηνύματα κάθε φορά που απορρίπτεται κάποιο υλικό σε αυτόν. Επιπλέον παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο
Sensoneo <b>((SENSONEO))</b>	Sensoneo's Smart Waste Management Software System Λογισμικό Παρακολούθησης ποσοστού πλήρωσης	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Λήψη αποφάσεων ως προς την βελτιστοποίηση διαδρομών των οχημάτων αποκομιδής, παροχή δεδομένων αναφορικά με τους κάδους σε πραγματικό χρόνο
Sensoneo <b>((SENSONEO))</b>	Υπερηχητικοί αισθητήρες πλήρωσης κάδων	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Αισθητήρας θερμοκρασίας κάδου, σειρήνα πυρκαγιάς, σειρήνα κλοπής, παροχή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο



<p>Sensoneo</p> 	<p>Βελτιστοποίηση  διαδρομών μέσω  λογισμικού λήψης  αποφάσεων &amp;  Εφαρμογή  πλοήγησης οδηγών  οχημάτων  αποκομιδής</p>	<p>Μ.Δ.</p>	<p>Μ.Δ.</p>	<p>Βασισμένο στα  δεδομένα των  κάδων, το εν  λόγω λογισμικό  επεξεργάζεται  τα εν λόγω  δεδομένα με  λαμβάνει  αποφάσεις που  αφορούν την  βέλτιστη  διαδρομή του  οχήματος  αποκομιδής.  Πλοήγηση του  οδηγού μέσω  εφαρμογής στην  οποία  αναγράφονται η  τοποθεσία και  τα ποσοστά  πληρότητας των  κάδων της πιο  αποτελεσματική  ς και  ασφαλέστερης  διαδρομής</p>
<p>Envac</p> 	<p>Πνευματικό  σύστημα  διαχείρισης  αποβλήτων</p>	<p>Εκατοντάδες  χιλιάδες ευρώ  έως κάποια  εκατομμύρια  ευρώ ανάλογα το</p>	<p>Πάνω από 30  χώρες σε όλο  τον κόσμο  (Πάρκο  Wembey</p>	<p>Η βαλβίδα μόλις  δοθεί σήμα από  το σύστημα  ελέγχου, αφήνει  την ροή αέρα η  οποία ρουφάει</p>

		μέγεθος της εγκατάστασης	Λεόν ντε λος Αλντάμα)	τα απορρίμματα εντός των κάδων, τα οποία έτσι μεταφέρονται μέσω σωλήνων στο σημείο όπου ακολουθεί η αποκομιδή τους. Μείωση των εκκρίσεων αερίων του θερμοκηπίου κατά 90%
Stream Automated Waste Collection System 	Πλήρες σύστημα αναρρόφησης	Μ.Δ.	Αρκετές εφαρμογές στην Ασία	Αυτοματοποιημένο σύστημα αναρρόφησης απορριμμάτων μέσω υπόγειων σωλήνων σε κεντρικό σημείο αποκομιδής εκτός πόλης
Evreka 		Μ.Δ.	Μ.Δ.	Χωρητικότητα οχημάτων, βελτιστοποίηση διαδρομών με βάση τα ποσοστά πλήρωσης, ιστορικό διαδρομών οχημάτων

				αποκομιδής, μεγιστοποίηση κερδών
Ecube Labs 	CleanCUBE	Μ.Δ.	Πληθώρα χωρών ανά τον κόσμο	Κάδος που εκτελεί αυτόματη συμπίεση απορριμμάτων, τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκό
Ecube Labs 	CleanFLEX	Μ.Δ.	Πληθώρα χωρών ανά τον κόσμο	Υπερηχητικοί αισθητήρες ποσοστού πλήρωσης κάδου που μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε είδους δοχείο
Ecube Labs 	CleanCityNetworks	Μ.Δ.	Πληθώρα χωρών ανά τον κόσμο	Πλατφόρμα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων που αντλούνται από τους αισθητήρες
Μηχανήματα Βουρλούμης 	Σύστημα υπόγειων κάδων απορριμμάτων με συμπίεση νέας γενιάς	Μ.Δ.	Μ.Δ.	Χωρητικότητα 1100 λίτρα, 4 φορές μικρότερη συχνότητα αποκομιδής

<p>Μηχανήματα Βουρλούμης</p> 	<p>Σύστημα ανύψωσης και στήλη απόρριψης σε εγκατάσταση υπόγειων κάδων</p>	<p>Μ.Δ.</p>	<p>Δήμοι Κηφισιάς, Αλίμου κτλ.</p>	<p>Σύστημα ανύψωση που αποτελείται από υδραυλικούς βραχίονες και ρυθμιστές κλίσης, ενώ επιπλέον διαθέτει μεταλλικές στήλες απόρριψης χωρητικότητας 75 λίτρων</p>
<p>Dingtek</p> 	<p>Αισθητήρες πλήρωσης</p>	<p>~150 ευρώ ανά μονάδα</p>	<p>Πορτογαλία Και άλλες χώρες ανά τον κόσμο</p>	<p>Υπερηχητικός αισθητήρας πλήρωσης με χαμηλή κατανάλωση μπαταρίας, λειτουργία ανίχνευσης φωτιάς. <b>IP68</b> <b>αδιάβροχος</b></p>
<p>Hashstudioz</p> 	<p>Εφαρμογή για αποκομιδή αποβλήτων πόρτα- πόρτα</p>	<p>Μ.Δ.</p>	<p>Ολλανδία και άλλες χώρες ανά τον κόσμο</p>	<p>Εφαρμογή που επιτρέπει στους οδηγούς και γενικότερα του εργαζόμενους του κλάδου να</p>



				<p>παρακολουθούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, αλλά και στους πολίτες να προγραμματίζουν αποκομιδή από το σπίτι τους και να έχουν πρόσβαση σε εκπαιδευτικό περιεχόμενο.</p>
<p>Distromel</p> 	<p>λογισμικό SiGEUS για αποκομιδή πόρτα-πόρτα</p>	Μ.Δ.	<p>Ισπανία <i>Regional Council of La Conca de Barberà</i></p>	<p>Ενημέρωση υπαλλήλων και κοινού ως προς την διαδικασία αποκομιδής.</p>
<p>User centric cities</p> 	<p>ENOUGH REASONS APP</p>	Μ.Δ.	<p>municipality of Manlleu (1,676 users)</p>	<p>Μέσω της εφαρμογής οι πολίτες μπορούν να προγραμματίσουν την αποκομιδή των αποβλήτων τους, Σύστημα «πληρώνω όσο πετάω»</p>

### 3.4 Παρουσίαση κριτηρίων

Θα πρέπει λοιπόν, κάθε φορά που πραγματοποιείται μία μελέτη περίπτωσης, να εκτιμώνται και κάποια βασικά κριτήρια που είναι είτε απαραίτητα είτε επιθυμητά να πληρούνται από τα, υποψήφια προς τοποθέτηση, έξυπνα λογισμικά (Seker 2022). Τα εν λόγω κριτήρια θα μπορούσαν να ορίζονται από Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) είτε από μία δημοτική ομάδα που έχει οριστεί υπεύθυνη για τέτοιου είδους διαδικασίες. Επιπλέον κρίνεται ακόμα πιο ορθό οι παραπάνω οργανισμοί να συνεργάζονται με μία περιβαλλοντική επιτροπή που θα μπορεί να τους παρέχει τεκμηριωμένες πληροφορίες και συμβουλές ως προς το θέμα. Κάποια από τα κριτήρια παρουσιάζονται ως κάτω (Introduction to Ecube's Solution, ecubelabs.com):

1. Ποιο είναι το αναμενόμενο κόστος τοποθέτησης, λειτουργίας, συντήρησης. Συμφέρει αναλογικά με τα οφέλη του συστήματος;
2. Συμβάλλει ικανοποιητικά στην όλη διαδικασία της διαχείρισης των αποβλήτων;
3. Χρόνος απόσβεσης των παραπάνω εξόδων.
4. Ασφάλεια του συστήματος από διάβρωση που μπορεί να προκληθεί είτε από φυσικά είτε από ανθρώπινα αίτια. Γενικότερα ο χρόνος ζωής του συστήματος.
5. Ασφαλές προς το περιβάλλον και τους πολίτες (π.χ. δυσοσμία, ρύποι και βακτήρια)
6. Χωρητικότητα και ποσότητα απορριμμάτων που συλλέγει.
7. Ευκολία στη λειτουργία του.(π.χ. κάδοι που ανοίγουν με κουμπί αντί να ανοίγουν χειροκίνητα)
8. Οπτικοακουστική ρύπανση του συστήματος αυτού.

Ουσιαστικά η διαδικασία εγκατάστασης ενός συστήματος έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων έχει ως βάση το πόσα από τα κριτήρια που έχουν τεθεί παραπάνω, πληρούνται από τα συστήματα προς επιλογή. Κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό το ποια κριτήρια πληρούνται και όχι τόσο ο αριθμός αυτών διότι κάθε πόλη έχει τις δικές της ανάγκες ανάλογα με τον πληθυσμό, τη διαρρύθμιση, τις υποδομές κτλ. Είναι δηλαδή προτιμότερο προτού επιλεγθούν τα έξυπνα συστήματα και λογισμικά που θα χρησιμοποιηθούν όσο αναβαθμίζεται μία πόλη σε αυτόν τον τομέα, να δημιουργηθεί

έναν πίνακα συστημάτων-κριτηρίων, που θα αναγράφει το πόσα κριτήρια πληρεί το κάθε σύστημα.

Στο παραπάνω όμως, όπως προαναφέρθηκε, παίζει ρόλο και η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου. Για παράδειγμα εάν ένα σύστημα πληρεί τις προϋποθέσεις που αφορούν την οπτικοακουστική ρύπανση αλλά να είναι ιδιαίτερα κοστοβόρο με σημαντικά υψηλό χρόνο απόσβεσης, πιθανότατα τα μην είναι η βέλτιστη επιλογή. Οι σταθερές αυτές τιμές που αφορούν τη βαρύτητα κάθε κριτηρίου μπορεί να δίνονται από τους οργανισμούς που αναφέρθηκαν και προηγουμένως (ΟΤΑ, δημοτική επιτροπή και περιβαλλοντική επιτροπή), γεγονός το οποίο κρίνεται πιθανό να συνεπάγεται το να ληφθούν υπόψιν και τα όρια του εκάστοτε δήμου (οικονομικά, χρονικά, χωροταξικά) αλλά και η ανάγκη για φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα.

Για παράδειγμα, είναι πιθανό ένας έξυπνος κάδος να έχει αρκετά υψηλό αρχικό κόστος, το οποίο είναι και κριτήριο με υψηλή βαρύτητα, διότι στην προκειμένη περίπτωση μπορεί ο εν λόγω δήμος να ενδιαφέρεται για μια οικονομική αναβάθμιση στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων του, αλλά πληρεί όλα τα υπόλοιπα. Σημαντικός είναι και ο χρόνος στον οποίο θα αποσβέσει το αρχικό κόστος, αφού θα εξοικονομεί τόσο χρήματα όσο και πρώτες ύλες για τα δρομολόγια των απορριμματοφόρων. Τέλος, έχει αρκετά χαμηλό κόστος συντήρησης καθώς είναι κάτω από το έδαφος και δεν θα δέχεται φθορές λόγω καιρικών συνθηκών και άλλων φαινομένων.

Αφού δημιουργηθεί λοιπόν ένας πίνακας με τα χαρακτηριστικά, και τη βαρύτητα αυτών, ενός έξυπνου λογισμικού, κρίνεται απαραίτητο να συγκριθεί και με τους πίνακες των υπόλοιπων υποψήφιων προς τοποθέτηση έξυπνων τεχνολογιών. Έστω λοιπόν ότι το σύστημα βυθιζόμενων κάδων, συγκρίνεται με ένα σύστημα σωλήνων αναρρόφησης κενού, όπου υπογείως θα μεταφέρει τα απόβλητα σε έναν χώρο, πιθανότατα εκτός πόλης, κατευθείαν μέσα στο δοχείο των οχημάτων συλλογής.

Υποθετικά, είναι πιθανό το σύστημα σωλήνων αναρρόφησης κενού να μην διαθέτει ικανοποιητικό χρόνο ζωής αναλογικά με το υψηλό κόστος εγκατάστασής του, διότι οι σωλήνες είναι πιθανό να φθείρονται από τα απόβλητα που θα κινούνται με υψηλές ταχύτητες μέσα σε αυτούς.

Ουσιαστικά στο τέλος της διαδικασίας σύγκρισης, είναι απαραίτητο να παρουσιαστεί το σύνολο των μονάδων βαρύτητας που σύλλεξε το κάθε έξυπνο λογισμικό με βάση τα κριτήρια που πληρεί, και να επιλεγθεί εκείνο με τις περισσότερες. Τα παραπάνω δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τυχαία και πάρθηκαν για την ανάλυση της μεθοδολογίας μίας μελέτης περίπτωσης σε έναν δήμο.

Σε μία μελέτη περίπτωσης που πραγματοποιήθηκε για την Κωνσταντινούπολη, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της μέτρησης εντροπίας για τον υπολογισμό των σταθερών βαρύτητας, όπως έχουν οριστεί παραπάνω, κάθε κριτηρίου. Ουσιαστικά είναι μία μέθοδος που αποσκοπεί στη λήψη αποφάσεων. Τέτοιου είδους έξυπνα συστήματα ουσιαστικά βοηθούν τους ειδικούς να λάβουν αποφάσεις μέσω της διαδραστικότητας τους με τον υπολογιστή (Παυλόπουλος 2017). Χρησιμοποιούν την εμπειρική γνώση που τους προσδίδουν οι ειδικοί που πραγματοποιούν την έρευνα, συνδυάζοντας τη με μαθηματικές εξισώσεις μεγάλης πολυπλοκότητας ώστε να βγάλουν σαν έξοδο την πιο κατάλληλη λύση του προβλήματος. Παράλληλα ωστόσο, ακόμα και αν πραγματοποιούν περίπλοκες μαθηματικές πράξεις, είναι εύκολα στη χρήση.

## **Κεφάλαιο 4ο: Πρακτικές ανά τον κόσμο και η κατάσταση της Ελλάδας**

Στο εν λόγω κεφάλαιο πρόκειται να παρουσιαστούν πρακτικές και εφαρμογές των έξυπνων λογισμικών στα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων ανά τον κόσμο, αλλά και στην Ελλάδα.

### **4.1 Παραδείγματα συστημάτων έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων από διάφορα μέρη του κόσμου**

Γερμανία: Η Γερμανία στατιστικά παράγει αρκετά παραπάνω απόβλητα ανά κεφαλή από το μέσο όρο της; Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος είναι περίπου 500 κιλά ανά κεφαλή ετησίως, ενώ στη Γερμανία η παραγωγή ξεπερνάει τα 600 κιλά ανά κεφαλή. Η χώρα από την άλλη βρίσκει αυτή την αύξηση παραγωγής αποβλήτων σαν μία πρόκληση ώστε να καταφέρει να συμβαδίσει με την κατάσταση. Υπάρχουν λοιπόν πολλές περιπτώσεις έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων και γενικότερα θέλησης αναβάθμισης του συστήματος διαχείρισης της χώρας. Για παράδειγμα, στην πόλη Μπόχουμ, τοποθετήθηκαν πάνω από 10000 κάδοι συλλογής γυαλιού για ανακύκλωση, οι οποίοι διαθέτουν αισθητήρες πλήρωσης που δονώντας τον κάδο καταλαβαίνουν το ποσοστό πληρότητας αυτού. Επιπλέον, οι συγκεκριμένοι αισθητήρες μπορούν να συλλέξουν δεδομένα που αφορούν τη θερμοκρασία εντός του κάδου τα οποία μεταφέρονται στο χρήστη μέσω του διαδικτύου των πραγμάτων. Τέλος, διαθέτουν μπαταρία μακράς διάρκειας η οποία συνεισφέρει στην εξοικονόμηση χρημάτων και χρόνου συντήρησης αφού δεν χρειάζεται συχνή αλλαγή.

Γενικότερα η εταιρία Deutsche Telekom και το διαδίκτυο των πραγμάτων που έχει αναπτύξει, ανοίγει τις πόρτες για πληθώρα εφαρμογών έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων (Kirchhof 2019).

Σουηδία: Είναι από τους πρωτοπόρους παγκοσμίως στη διαχείριση αποβλήτων και σίγουρα όχι τυχαία. Κλειδί της επιτυχίας ουσιαστικά στον τομέα διαχείρισης αποβλήτων είναι η επίτευξη της ευαισθητοποίησης των πολιτών, οι οποίοι πλέον πραγματοποιούν οι ίδιοι διαχωρισμό των αποβλήτων που παράγουν από την κατοικία τους. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται διαχωρισμός σε οργανικά απόβλητα,

μεταλλικές συσκευασίες, πλαστικό, χαρτί, γυαλί, εφημερίδες, ηλεκτρονικές συσκευές, λάστιχα και μπαταρίες, Επιπλέον, ένα ιδιαίτερα σημαντικό ποσοστό των αποβλήτων της χώρας οδηγούνται σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από αυτά. Συμπερασματικά, λιγότερο από 1% του συνόλου των αποβλήτων οδηγείται σε ΧΥΤΑ, καθώς όσα δεν μετατρέπονται σε ενέργεια, ανακυκλώνονται. Με βάση τη σουηδική νομοθεσία, η έσχατη λύση είναι η διάθεση των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ, ενώ προτιμότερη στην ιεραρχία είναι η ανακύκλωση. Κάποιοι νόμοι και αποφάσεις που οδήγησαν στην επίτευξη των στόχων της χώρας όσον αφορά τον κλάδο της διαχείρισης αποβλήτων είναι:

- 1) Απαγόρευση σε οργανικά απόβλητα και απόβλητα που μπορούν να μεταβούν σε διαδικασία κομποστοποίησης, να οδηγούνται σε ΧΥΤΑ.
- 2) Η ένταξη στην Ευρωπαϊκή Ένωση συνεισέφερε στην ανάπτυξη και στη δημιουργία υψηλότερων στάνταρ που αφορούν τα επικίνδυνα απόβλητα, τους ΧΥΤΑ και την αποτέφρωση.
- 3) Διευρυμένη Ευθύνη του Παραγωγού.
- 4) Μηδενική Φορολογία στο βιοαέριο.

Επιπλέον, η Σουηδία διαθέτει υπόγειο σύστημα αναρρόφησης κενού το οποίο αυτόματα “ρουφάει” ουσιαστικά τα σκουπίδια στέλνοντας τα σε έναν σταθμό συλλογής, χωρίς να χρειάζεται τα οχήματα συλλογής απορριμμάτων να πραγματοποιούν δρομολόγια εντός των πόλεων (Κουμανταράκη 2019). Τέλος, στην πόλη της Στοκχόλμης, έχει εγκατασταθεί μεγάλος αριθμός κάδων τύπου bigBelly, οι εν λόγω κάδοι έχουν τη δυνατότητα μέσω αισθητήρων, να πραγματοποιούν αυτόματη συμπίεση των απορριμμάτων τους, αυξάνοντας έτσι ουσιαστικά τη χωρητικότητα τους κατά 5 περίπου φορές συγκριτικά με τους συμβατικούς κάδους. Το σύστημα τροφοδοτείται από ένα φωτοβολταϊκό το οποίο είναι τοποθετημένο πάνω από το καπάκι του κάδου, και διαθέτει αισθητήρες πληρότητας με τους οποίους το κέντρο ελέγχου γνωρίζει πότε ο κάδος πρέπει να αδειάσει σε πραγματικό χρόνο. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ewfeco, της εταιρίας δηλαδή που πραγματοποιεί τη διανομή των κάδων bigBelly, με τη χρήση αυτών, τα δρομολόγια των απορριμματοφόρων μειώθηκαν από 41.000 συνολικά χιλιόμετρα ετησίως, στο κατά πολύ μικρότερο νούμερο των 3.100 χιλιομέτρων ετησίως (Smart City Sweden, data collected). Το ως άνω συνεπάγεται σημαντική μείωση διοξειδίου του άνθρακα κατά 35 τόνους. από τα οχήματα και εξοικονόμηση πόρων λόγω των λιγότερων δρομολογίων.





*Εικόνα 13: Πνευματικό σύστημα Σουηδίας (tomonews 2016)*

Ιαπωνία: Βασικό χαρακτηριστικό του σχεδίου διαχείρισης αποβλήτων της Ιαπωνίας είναι η ένταξη του ασύρματου χειρισμού και της ρομποτικής στην εξίσωση. Πραγματοποιείται χρήση τεχνητής νοημοσύνης ώστε να επιτευχθεί ο αυτοματισμός των λειτουργιών σε μονάδες αποτέφρωσης απορριμμάτων. Άλλο ένα παράδειγμα είναι η χρήση ρομποτικών άκρων σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης. Με τη βοήθεια μίας κάμερας υπολογίζεται η εικόνα και η απόσταση και πραγματοποιείται ασύρματος χειρισμός των ρομποτικών χεριών για παράδειγμα από το δωμάτιο ελέγχου.

Γενικότερα, η πανδημία του COVID-19 προκάλεσε μία θέληση για περαιτέρω ανάπτυξη σε αρκετούς τομείς, διότι τα προβλήματα και οι αδυναμίες κάθε χώρας βγήκαν στην επιφάνεια τα τελευταία 2 χρόνια (Onoda 2020).

Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής: Ξεκινώντας από τη Νέα Υόρκη, στους δρόμους υπάρχουν παντού έξυπνοι κάδοι της εταιρίας BigBelly, οι οποίοι εκτός από το να διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες πληρότητας και αυτόματης συμπίεσης, παρέχουν ταυτόχρονα ελεύθερη πρόσβαση στο διαδίκτυο σε μία συγκεκριμένη ακτίνα γύρω τους (Joshi 2022). Επιπλέον στη Νέα Υόρκη, το πνευματικό σύστημα High Line, μήκους 1.5 μιλίων, μεταφέρει 30 τόνους απορριμμάτων ημερησίως, βοηθώντας σημαντικά στην αποσυμφόρηση από το πρόβλημα που επικρατούσε στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων της πόλης (Seequent 2019).



*Εικόνα 14: Κάδοι BigBelly στην Νέα Υόρκη (Poon 2015)*

Βόρεια Κορέα: Στην πόλη Σονγκντό, υπάρχει μηδενική κυκλοφορία οχημάτων συλλογής απορριμμάτων όλο το 24ωρο (Sequent 2019). Το ως άνω είναι γεγονός διότι αντί αυτών, χρησιμοποιείται ένα σύστημα αναρρόφησης το οποίο ταυτόχρονα πραγματοποιεί διαδικασία διαχωρισμού των αποβλήτων ώστε να οδηγηθούν για ανακύκλωση, αποτέφρωση ή υγειονομική ταφή. Το σύστημα είναι αυτοματοποιημένο σε τέτοιο βαθμό, ώστε ολόκληρη η μονάδα να χρειάζεται 7 υπαλλήλους για την ομαλή λειτουργία της (Joshi 2022).

Ολλανδία: Στην πόλη του Άμστερνταμ, το 2014, τοποθετήθηκαν 12500 αισθητήρες πληρότητας στους ήδη υπάρχοντες κάδους, χωρίς δηλαδή να αγοραστούν νέοι με ενσωματωμένους αισθητήρες. Επιπλέον από το 2014 και έπειτα, παρακολουθούνται οι διαδρομές των απορριμματοφόρων οχημάτων.

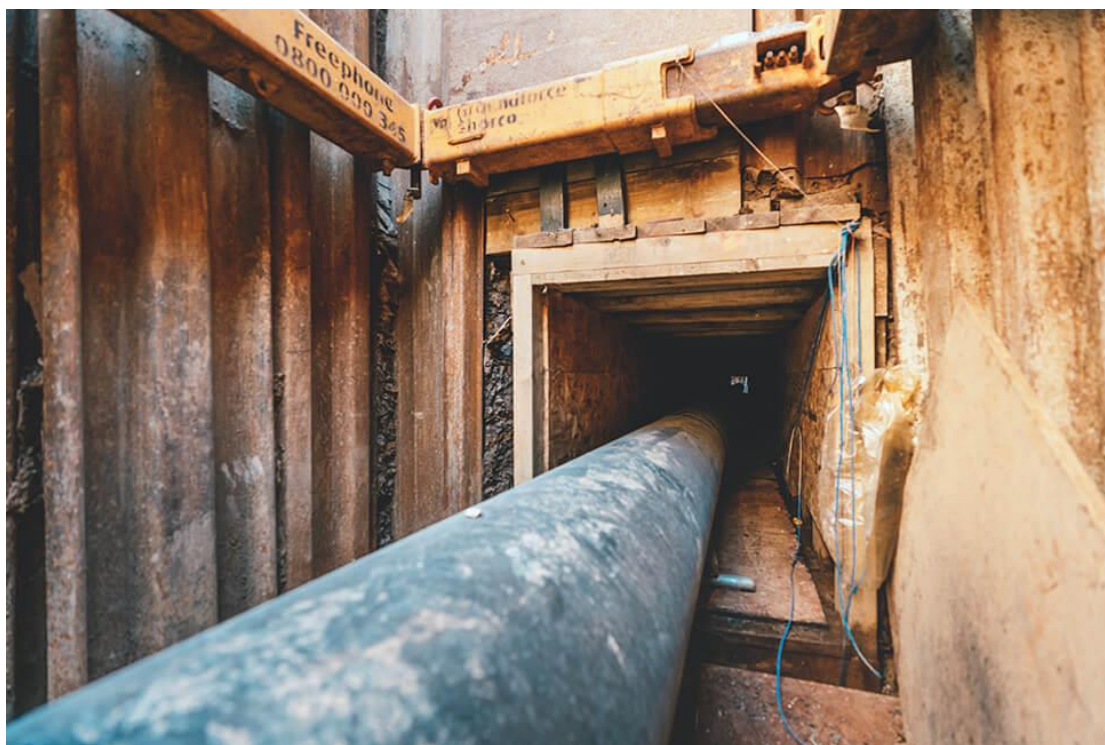
Έξυπνη διαχείριση αποβλήτων στη Βαρκελώνη: Όπως και στην περίπτωση της Σουηδίας, η Βαρκελώνη επίσης διαθέτει υπόγειο σύστημα τύπου αναρρόφησης κενού το οποίο οδηγεί τα απόβλητα σε έναν σταθμό συλλογής. Οι αγωγοί αυτή στην είσοδό τους διαθέτουν αισθητήρες πληρότητας οι οποίοι δίνουν την εντολή αναρρόφησης όταν η στάθμη των αποβλήτων φτάσει σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Τα απόβλητα



μεταφέρονται σε ταχύτητες που φτάνουν τα 70 χιλιόμετρα ανά ώρα, πραγματοποιώντας έως και 2 χιλιόμετρα απόσταση μέχρι να φτάσουν στους σταθμούς συλλογής. Επομένως, χρειάζονται μόλις 1,7 λεπτά για να πραγματοποιηθεί η μέγιστη διαδρομή των απορριμμάτων εντός των σωλήνων αναρρόφησης. Στην έξοδο των σωλήνων πραγματοποιείται συμπίεση των αποβλήτων και εναπόθεση αυτών σε κιβώτια όπου με τη σειρά τους μεταφέρονται είτε σε ΧΥΤΑ, είτε σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας για θέρμανση με τη διαδικασία της αποτέφρωσης. Με την εγκατάσταση του ως άνω συστήματος διαχείρισης αποβλήτων συνοδευόμενο από τα έξυπνα λογισμικά ώστε να πραγματοποιείται αναρρόφηση και συμπίεση ανά τακτά χρονικά διαστήματα, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην όλη διαδικασία, αλλά ταυτόχρονα λύνονται απλά καθημερινά προβλήματα όπως οι οσμές των παραδοσιακών κάδων κτλ.

Στην εξίσωση της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων στη Βαρκελώνη προστίθενται και οι έξυπνοι κάδοι που έχουν εγκατασταθεί σε πολλές περιοχές της πόλης, όπου μέσω cloud μεταφέρουν δεδομένα που αφορούν την πληρότητά τους στο κέντρο ελέγχου. Έπειτα από επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων πραγματοποιείται η βελτιστοποίηση των δρομολογίων που πρόκειται να εκτελέσουν τα οχήματα συλλογής απορριμμάτων. Σημαντική κρίνεται και η πλατφόρμα <https://www.barcelona.cat> από την οποία μπορεί ο οποιοσδήποτε όχι μόνο να αντλήσει πληροφορίες σχετικά με τη διαχείριση αποβλήτων της πόλης, αλλά και να ψάξει την τοποθεσία του κοντινότερου και κατάλληλου κάδου για τα απόβλητα που θέλει να ξεφορτωθεί (Κουμανταράκη 2019).

Η Envac στο πάρκο Wembley: Πνευματική εγκατάσταση στο πάρκο Wembey στο Λονδίνο που ξεκίνησε το 2008 και το 2020 ήταν κατά 75% έτοιμη, αλλά λειτουργική. Μετά την εγκατάσταση, οι εκκρίσεις ρύπων μειώθηκαν κατά 90% ενώ τα ποσοστά ανακύκλωσης αυξήθηκαν κατά 30%. Το σύστημα κατά την ολοκλήρωσή του, θα κάνει εξοικονόμηση χώρου ίση με 2000 κάδους απορριμμάτων, το οποίο ισοδυναμεί με περίπου 200 θέσεις πάρκινγκ για ιδιωτικά οχήματα.



*Εικόνα 15: Σωλήνες συστήματος αναρρόφησης κενού της Envac στο Wembley Park*

#### **4.2 Παραδείγματα ελληνικών επιχειρήσεων και καινοτομιών στον τομέα των έξυπνων λογισμικών και διαχείρισης**

Η περίπτωση της SOGEPA : Η ελληνική εταιρία SOGEPA η οποία εδρεύει στη βιομηχανική περιοχή της Αριδαίας, έχει ως στόχο την καινοτομία σε συνδυασμό με την προστασία και το σεβασμό προς το περιβάλλον. Κύρια μέριμνα της εταιρίας, είναι η μείωση του αριθμού δρομολογίων που εκτελούνται από τα απορριμματοφόρα, και κατά συνέπεια η μείωση κατανάλωσης πόρων και ρύπανσης του περιβάλλοντος από τις ΜΕΚ.

Τα συστήματα Big One System λοιπόν, αφορούν βυθιζόμενους κάδους, στους οποίους όμως έχουν ενσωματωθεί έξυπνα λογισμικά τα οποία μέσω αυτοματοποιημένων λειτουργιών, στέλνουν δεδομένα στο διαχειριστή. Αναλυτικότερα, το επίγειο σύστημα τύπου S, διαθέτουν αυτόματο μηχανισμό συμπίεσης και θραύσης των απορριμμάτων, ο οποίος με τη βοήθεια αισθητήρων στο εσωτερικό του κάδου, δίνει την εντολή εκκίνησης της συμπίεσης. Η χωρητικότητα λοιπόν των εν λόγω κάδων, πρακτικά

καταλήγει να είναι δεκαπλάσια της αρχικής, λόγω της συμπίεσης, στους κοινούς κάδους των 1100 λίτρων.

Οι Big One System κάδοι διαθέτουν επιπλέον αισθητήρες πληρότητας οι οποίοι είναι δυνατό μέσω εφαρμογής να ενημερώνουν το κέντρο ελέγχου όταν ένας κάδος φτάνει το μέγιστο ποσοστό πληρότητας, ώστε να ειδοποιηθεί με τη σειρά του το όχημα συλλογής απορριμμάτων. Το ως άνω σε συνάρτηση με τη συμπίεση που αναφέρθηκε παραπάνω, συνεπάγεται σημαντική μείωση των δρομολογίων που θα πραγματοποιούν τα απορριμματοφόρα, και όχι μόνο.

Συγκεκριμένα κάποια από τα πλεονεκτήματα του εν λόγω συστήματος παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Βελτίωση συνθηκών υγιεινής στους δρόμους εφαρμογής του συστήματος, καθώς οι κάδοι βρίσκονται υπόγεια.
- 2) Τα δοχεία ρίψης που βρίσκονται στην επιφάνεια είναι ανοξείδωτα και ανοίγουν με το πάτημα ενός κουμπιού, κλείνοντας αυτόματα στη συνέχεια. Αυτό σημαίνει ασφάλεια των κάδων, και σωστή λειτουργία αυτών σε οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες.
- 3) Μειωμένα έξοδα και κατανάλωση πόρων και ενέργειας γενικότερα λόγω της αυτόματης συμπίεσης. Το όχημα χρειάζεται να περνάει από το σημείο κάθε 7-12 μέρες. Έχουν ήδη τοποθετηθεί κάδοι τέτοιου τύπου σε δήμους της χώρας, ένας από αυτούς είναι και η Αγία Παρασκευή Αττικής που όχι μόνο δηλώνει τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, αλλά βλέπει τέτοιου είδους επενδύσεις ως ένα μέσο εκμάθησης και εξοικείωσης των δημοτών με τα νέα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων (Verdetec 2022).



*Εικόνα 16: Έξυπνοι βυθιζόμενοι κάδοι (Σύμμεικτων και ανακύκλωσης). (Παρασκευής 2016)*

Η WINPOL αναγνωρίζει το πλάνο του πολυτεχνείου Κρήτης σε συνεργασία με το δήμο Ρεθύμνου που αφορά την έξυπνη διαχείριση του χρησιμοποιημένου μαγειρικού λαδιού.

Το Πολυτεχνείο της Κρήτης σε συνεργασία με το δήμο του Ρεθύμνου, προτείνει ένα σχέδιο μετατροπής του χρησιμοποιημένου μαγειρικού λαδιού από τα νοικοκυριά και τους χώρους εστίασης γενικότερα, σε καθαρό καύσιμο βιοντίζελ (KARGAKI 2019). Το παραπάνω γίνεται εφικτό με τη χρήση έξυπνων κάδων, εφοδιασμένων με αισθητήρες πληρότητας και την εγκατάσταση μιας μικρής μονάδας η οποία θα πραγματοποιεί την εν λόγω μετατροπή. Με την ως πάνω μετατροπή, είναι εφικτό να μετατρέπεται σε ενέργεια, ένα υλικό το οποίο μολύνει τα ρυάκια,, τις λίμνες, και σε ακόμα μεγαλύτερη κλίμακα τη θάλασσα και άλλα οικοσυστήματα.

Το πλάνο περιλαμβάνει τοποθέτηση τριάντα έξυπνων κάδων με αισθητήρες, μαζί με τους οποίους συμπεριλαμβάνεται και η αντίστοιχη διαδικτυακή πλατφόρμα από την οποία θα παρατηρείται το ποσοστό πληρότητας τους, με την τιμή των παραπάνω να φτάνει τα 22000 €. Στο ως άνω κόστος δεν συμπεριλαμβάνονται τα κόστη εγκατάστασης και συντήρησης. Εκτός αυτών, περιλαμβάνονται τα ως κάτω κόστη:

1) 5000 € που αφορούν τη διαφημιστική καμπάνια.

2) Εγκατάσταση μικρής μονάδας μετατροπής μαγειρικού χρησιμοποιημένου λαδιού σε βιοντίζελ (12000 €).

Όπως έχει προαναφερθεί, η πλατφόρμα προσφέρει δεδομένα στους χρήστες σε πραγματικό χρόνο, αναφορικά με το ποσοστό πληρότητας των κάδων, αλλά και για την κατάσταση στην οποία βρίσκονται όπως εσωτερική τους θερμοκρασία κτλ. Το πολυτεχνείο Κρήτης τονίζει ότι μέσω της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται μείωση στο κόστος λειτουργίας και την κατανάλωση ενέργειας, λόγω των λιγότερων διαδρομών που θα πραγματοποιούν τα οχήματα συλλογής απορριμμάτων και της γνώσης του πότε ένας κάδος χρίζει συλλογής. Τέλος, μειώνονται σημαντικά οι εκκρίσεις αερίων του θερμοκηπίου λόγω του μικρότερου αριθμού δρομολογίων.

Μέχρι στιγμής έχουν συλλεχθεί 3500 λίτρα μαγειρικού λαδιού τα οποία θα μετατραπούν σε καθαρό καύσιμο. Εκτός αυτού, έχει πραγματοποιηθεί ενημέρωση τουλάχιστον 40000 πολιτών ώστε να ευαισθητοποιηθούν και να οικειοποιηθούν με το θέμα, τουλάχιστον 6 δήμοι στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς εγκατάσταση ενός τέτοιου είδους συστήματος, ενώ η το εν λόγω σύστημα έχει παρουσιαστεί σε 10 συνέδρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

#### Αναγνωρισιμότητα με βράβευση του Νοσοκομείου Λάρισας (Environmental Awards 2022)

Το εν λόγω νοσοκομείο χρησιμοποιεί ένα λογισμικό ανίχνευσης επικίνδυνων αποβλήτων και επεξεργασίας δεδομένων και στατιστικών που συλλέγονται μέσω αυτού (Ελευθερία 2022). Πρακτικά λοιπόν, πραγματοποιείται χρήση ενός παρόμοιου λογισμικού όπως οι αισθητήρες στους κάδους απορριμμάτων, οι οποίοι όχι μόνο θα ενημερώνουν το κέντρο για το ποσοστό πληρότητας τους, αλλά θα παρέχουν και πιο αναλυτικά δεδομένα όσον αφορά το περιεχόμενό τους. Πέραν της χρήσης του λογισμικού όμως, το οποίο επίσημα έχει αναγνωριστεί ως “έξυπνο λογισμικό διαχείρισης αποβλήτων”, αναφέρεται η ευαισθητοποίηση μεταξύ των ίδιων των εργαζομένων του νοσοκομείου αναφορικά με την προστασία του περιβάλλοντος γενικότερα. Το ως άνω κρίνεται πολύ σημαντικό για να επιτευχθούν συλλογικές και ακόμα πιο αποτελεσματικές ενέργειες στον τομέα αυτό.



## Έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων της Cosmote

Η Cosmote επιλέχθηκε μέσω διαγωνισμού να αναλάβει τη διαδικασία εφαρμογής ενός συστήματος έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων, συγκεκριμένα έξυπνους κάδους απορριμμάτων στο δήμο Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης. Η τεχνολογία που θα αξιοποιηθεί θα είναι η Narrow-Band IoT («Έξυπνη» διαχείριση απορριμμάτων από την Cosmote 2022). Ουσιαστικά, θα εγκατασταθούν σε 5.300 κάδους οι αισθητήρες που έχουν αναφερθεί και παραπάνω με τους οποίους θα δίνεται η δυνατότητα να γνωρίζει το κέντρο διαχείρισης αποβλήτων το ποσοστό πληρότητας αλλά και την κατάσταση του κάθε κάδου σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον θα τοποθετηθούν τάμπλετ σε κάθε απορριμματοφόρο ώστε να πραγματοποιείται βελτιστοποίηση του κάθε δρομολογίου δεδομένης της κατάστασης του κάθε κάδου που θα παρουσιάζεται ζωντανά σε μία εφαρμογή. Με την παραπάνω ενέργεια προβλέπεται μείωση του κόστους περισυλλογής έως και 50% αφού θα καταναλώνονται μειωμένα καύσιμα από τα οχήματα λόγω της μείωσης του χρόνου αλλά και του αριθμού των δρομολογίων τους γενικότερα.

## Η προτεινόμενη λύση της Intracom (2021)

Για άλλη μία φορά, παρατηρείται η ιδέα της τοποθέτησης αισθητήρων στους κάδους και την αυτόματη ενημέρωση, μέσω αυτών, του δήμου για τη στάθμη στον κάθε έναν ξεχωριστά (Η Intracom Telecom αναβαθμίζει τη λύση της για "έξυπνη" διαχείριση απορριμμάτων 2021). Επίσης το σχέδιο της εν λόγω επιχείρησης περιλαμβάνει τον ορισμό “ζωνών ειδικού ενδιαφέροντος” που με έναν συντελεστή θα καθορίζουν την προτεραιότητα που έχει κάθε ζώνη όσον αφορά τη συλλογή, συνεισφέροντας έτσι ακόμα περισσότερο στον καθορισμό των βέλτιστων δρομολογίων που θα εκτελούν τα οχήματα περισυλλογής. Τα παραπάνω θα συνοδεύονται από πληθώρα έξυπνων εφαρμογών που θα υπάρχουν στην IoT πλατφόρμα της Intracom Telecom η οποία αποσκοπεί στην ιδέα της έξυπνης πόλης σε γενικότερο επίπεδο.

Η επιχείρηση υποστηρίζει ότι με την εφαρμογή των παραπάνω, θα επιτευχθεί όχι μόνο η μείωση της κατανάλωσης πόρων, αλλά και η ευαισθητοποίηση και ενθάρρυνση των πολιτών στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων, χρησιμοποιώντας επιπλέον εφαρμογές ανταμοιβής κάθε φορά που κάποιος ανακυκλώνει σε συγκεκριμένα κεντρικά σημεία. Τα συστήματα αυτά δεν είναι αναγκαίο να ανταμείβουν τον πολίτη επιτόπου, αλλά μπορεί να κρατείται ένα αρχείο το οποίο σε βάθος χρόνου αναλόγως

με την ποσότητα ανακύκλωσης, θα παρέχει εκπώσεις για παράδειγμα στα δημοτικά τέλη και σε άλλες υπηρεσίες.

Εγκατάσταση 100 βυθιζόμενων κάδων οργανικών αποβλήτων και αυτόνομων γωνιών ανακύκλωσης στο δήμο Καλλιθέας.

Το εν λόγω πρόγραμμα έχει προϋπολογισμό 4.090.422,18€. Με την εγκατάσταση των βυθιζόμενων κάδων, όπως έχει προαναφερθεί και στην παρούσα εργασία, θα επιτευχθούν όπως αναφέρει και ο δήμος Καλλιθέας, μία πιο αποτελεσματική διαδικασία αποκομιδής και εξοικονόμηση πόρων στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων. Παράλληλα ο δήμος θα προμηθευτεί δύο οχήματα για τη συλλογή των βιοαποβλήτων από τους νέους βυθιζόμενους κάδους. Ένα όχημα-γερανό με αρπάγη, και ένα ακόμη απορριμματοφόρο.



*Εικόνα 17: Έξυπνο αυτόνομο σημείο ανακύκλωσης. (Καλλιθέας 2022)*

Εκτός λοιπόν των βυθιζόμενων κάδων θα εγκατασταθούν και τα έξυπνα, αυτόνομα σημεία ανακύκλωσης σε 15 σχολεία (Καλλιθέας 2022). Τα συστήματα αυτά θα τροφοδοτούνται από φωτοβολταϊκά τα οποία θα είναι εγκατεστημένα στην κορυφή τους, και θα έχουν διπλή είσοδο για τα ανακυκλώσιμα υλικά. Με αυτό τον τρόπο, θα έχουν τη δυνατότητα και οι πολίτες που διέρχονται εκτός σχολείου, να πετούν τα ανακυκλώσιμα υλικά τους στην είσοδο που τους αντιστοιχεί. Το σημαντικότερο ωστόσο, είναι η εξοικείωση των μικρής ηλικίας μαθητών των εν λόγω σχολείων με τη λογική της ανακύκλωσης και του διαχωρισμού των υλικών αυτών ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους.

### Βυθιζόμενοι κάδοι ανακύκλωσης και σύμμεικτων απορριμμάτων στο δήμο Κερατσινίου-Δραπετσώνας.

Πρόκειται για την εγκατάσταση 7 ζευγαριών βυθιζόμενων κάδων χωρητικότητας περίπου 5500 λίτρα με προϋπολογισμό στα 289.912,00€ ( συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ 24%) (Προμήθεια Ανυψούμενων - Βυθιζόμενων Κάδων Απορριμμάτων 2019). Επομένως, η αγορά και εγκατάσταση κάθε ζευγαριού κάδων ανέρχεται στα 41400 €. Ο δήμος έχει αντιληφθεί πως οι συμβατικοί κάδοι υπερχειλίζουν συνεχώς, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα ακόμα και στα επίπεδα υγιεινής, πέραν της “οπτικής” ρύπανσης που δημιουργείται στην περιοχή σε συνδυασμό με δυσσομία και ακρήστευση θέσεων στάθμευσης οχημάτων ή ακόμα και διέλευσης των πολιτών από το πεζοδρόμιο. Οι εν λόγω κάδοι θα εγκατασταθούν στα επιβαρυμένα από τον όγκο αποβλήτων που παράγεται ώστε να ανταπεξέλθουν επιτυχώς στις απαιτούμενες ανάγκες λόγω της αυξημένης τους χωρητικότητας. Επιπλέον, ο δήμος επισημαίνει ότι δεν θα είναι απαραίτητη καμία μετατροπή στα ήδη υπάρχοντα οχήματα αποκομιδής καθώς οι νέοι βυθιζόμενοι κάδοι είναι συμβατοί με αυτά.

### Αυτόματο ρομπότ καθαρισμού απορριμμάτων στις παραλίες

Το εν λόγω ρομπότ αναλαμβάνει την εκτέλεση του καθαρισμού των παραλιών από διάφορα απορρίμματα, και όχι μόνο, συμπεριλαμβανομένων των αμέτρητων γοπών τσιγάρων τα οποία είναι σύνηθες φαινόμενο στην άμμο των ακτών και αποτελούν σοβαρή απειλή για το περιβάλλον.

Αυτό το αυτόνομο ρομπότ προέκυψε από την κινητοποίηση και καινοτομία ενός Ολλανδού, ο οποίος έχασε τον τετράχρονο γιο του εξαιτίας γοπών τσιγάρων που υπήρχαν σε κάποια παραλία. Ο σχεδιαστής αυτού του ρομπότ δημιούργησε ένα μηχάνημα με βάση την τεχνητή νοημοσύνη που μπορεί να συλλέγει και να απομακρύνει τα απορρίμματα από τις παραλίες. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της χρήσης μιας εφαρμογής της Microsoft, όπου οι πολίτες ανεβάζουν φωτογραφίες από περιοχές που χρήζουν καθαρισμού και αναλύοντας αυτές, το ρομπότ μπορεί να ουσιαστικά να απομακρύνει τα απορρίμματα.

Τέλος, απαραίτητο κρίνεται να υπογραμμιστεί ότι, σύμφωνα με εκτιμήσεις, κάθε χρόνο πετώνται περίπου 14,5 τρισεκατομμύρια τσιγάρα στις παραλίες. Λαμβάνοντας υπόψη



το συνολικό όγκο των πλαστικών απορριμμάτων που καταλήγουν στη θάλασσα, αντιλαμβάνεται κανείς την πραγματική ζημιά που προκαλεί ο άνθρωπος στο περιβάλλον (TEAM 2021).

### Zero Waste στην Τήλο

Όπως αναφέρθηκε στο Zero Waste International Alliance in 2004, το zero waste είναι ουσιαστικά η μίμηση των φυσικών κύκλων που έχουν τα υλικά στη φύση, ώστε όλα τα απόβλητα να γίνονται πόροι αντί να απορρίπτονται. Συμπερασματικά, η ως άνω πρακτική συνεπάγεται την ολική εξάλειψη των ΧΥΤΑ και άλλων τέτοιου είδους χώρων απόρριψη.

Εκτός του παραπάνω, βασική διαδικασία της νοοτροπίας αυτής, είναι η εκμετάλλευση των πόρων που ήδη υπάρχουν στους υπάρχοντες ΧΥΤΑ. Τα απόβλητα που παράγονται μέχρι και σήμερα περιέχουν πολύτιμα υλικά όπως είναι το νικέλιο, το χρώμιο και ο χαλκός. Τέτοια στοιχεία είναι εφικτό να ανακτηθούν από τους ΧΥΤΑ, μετατρέποντας τους σε «ορυχεία» πολύτιμων υλικών ώστε να συμβάλλουν ενίσχυση της οικονομίας αντί να είναι εστίες ρύπανσης για το περιβάλλον.

Ουσιαστικά ο όρος zero waste, συνεπάγεται τη διασφάλιση της σύστασης των πρώτων υλών, έτσι ώστε να προκύπτουν μηδενικά απόβλητα μόλις τα προϊόντα που αποτελούνται από αυτές απορριφθούν. Πιο συγκεκριμένα, κρίνεται απαραίτητο να υπάρξει μελέτη η οποία θα αφορά όλες τις διαδικασίες κατά τη διάρκεια της "ζωής" ενός προϊόντος, από την παραγωγή και την επεξεργασία, μέχρι αυτό να φτάσει τελικά στον καταναλωτή.

Σκοπός του ως άνω είναι πρακτικά να παραμένουν ανέγγιχτοι οι φυσικοί πόροι, αφού θα χρησιμοποιούνται για πρώτες ύλες τα συστατικά των αποβλήτων από τα προμελετημένα προϊόντα. Απαραίτητη προϋπόθεση των προϊόντων μόλις πάρουν τη μορφή αποβλήτου, είναι να υπάρχει δυνατότητα ενός εκ των τριών, ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης ή επισκευής.

Με τη βοήθεια της εταιρίας Polygreen, περάστηκε μία νέα νοοτροπία στους κατοίκους του νησιού όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων. Το παραπάνω όπως έχει προαναφερθεί στην παρούσα διπλωματική επιτεύχθηκε με την ευαισθητοποίηση και εκμάθηση των πολιτών το νησιού διοργανώνοντας συνέδρια, και ημερίδες αναφορικά με τον τομέα του zero waste. Επιπλέον, ο ΧΥΤΑ που διέθετε το νησί αντικαταστάθηκε

με ένα κέντρο διαχείρισης και ανάκτησης υλικών, ονομαζόμενο ως «κέντρο κυκλικής καινοτομίας».

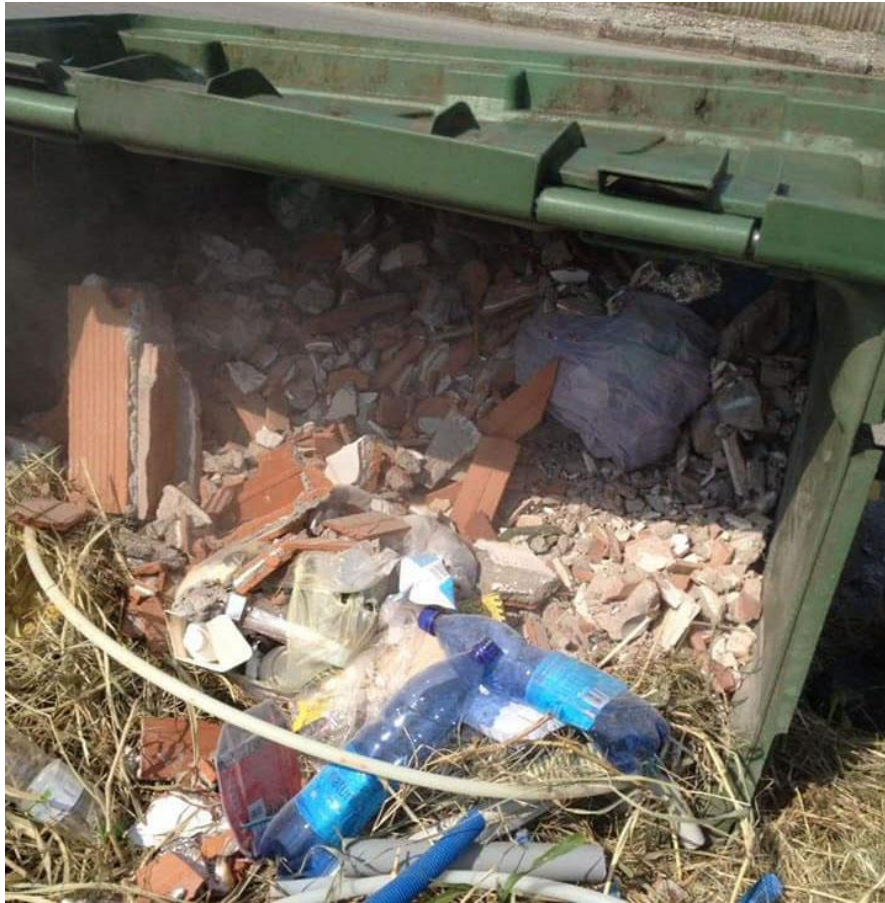
Ακολούθησε η εξάλειψη των κάδων απορριμμάτων σε όλο το νησί και η αντικατάσταση αυτών από την αποκομιδή των αποβλήτων πόρτα-πόρτα, με τη χρήση εφαρμογών από τους πολίτες ώστε να ειδοποιούν το κέντρο αποκομιδής. Ως αποτέλεσμα, όπως αναφέρουν και οι κάτοικοι του νησιού σε συνεντεύξεις, ο νησί είναι πιο καθαρό, και η διαχείριση αποβλήτων δείχνει πολύ πιο αποτελεσματική.

Μόνο πρόβλημα εφαρμογής τέτοιου είδους ιδεών είναι πως είναι περισσότερο εφικτές σε μικρές κλίμακες, αλλά με την κατάλληλη μελέτη και προσχεδιασμό, μπορούν να εφαρμοστούν και σε μεγαλύτερες πόλεις (Juris Burlakovs 2018).

### **4.3 Τέτοιου είδους σχέδια είναι απαραίτητο να υλοποιηθούν για να αποφευχθούν καταστάσεις όπως οι παρακάτω**

Τον Αύγουστο του 2019 στο δήμο Δράμας παρατηρήθηκαν κάδοι απορριμμάτων γεμάτοι μπάζα και κλαδιά, καθώς και πληθώρα γεμάτων σακουλών σκουπιδιών γύρω από αυτούς. Το εν λόγω γεγονός μπορεί να προκύπτει για τους εξής λόγους (Δράμα: Κάδοι γεμάτοι μπάζα και κλαδιά – καταγγελία Χριστόδουλου Μαρσάκου 2019):

- 1) Δεν υπάρχει κατάλληλη εκμάθηση και ευαισθητοποίηση των πολιτών αναφορικά με το θέμα της ορθής διαχείρισης αποβλήτων από πλευράς τους, ωθώντας τους έτσι στο να πετούν σε απλούς συμβατικούς κάδους κατηγορίες απορριμμάτων που δεν προορίζονται για αυτούς.
- 2) Απεργία των υπαλλήλων της εταιρίας διαχείρισης αποβλήτων. Για το προαναφερθέν υπάρχει πάντα πιθανότητα υπάρχει πολιτικό υπόβαθρο, αλλά το μόνο σίγουρο είναι ότι πρέπει να υπάρχει ορθή και ομαλή λειτουργία της εταιρίας από πλευράς της ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες τέτοιου είδους περιστατικών.
- 3) Απουσία αισθητήρων πληρότητας στους κάδους με αποτέλεσμα να μην μπορεί κανείς να γνωρίζει εγκαίρως την κατάσταση που επικρατεί στους εν λόγω κάδους.



*Εικόνα 18: Κάδος γεμάτος μπάζα και κλαδιά. (Δράμα: Κάδοι γεμάτοι μπάζα και κλαδιά – καταγγελία Χριστόδουλου Μамσάκου 2019)*

Οι τρεις παραπάνω λόγοι καταπολεμούνται με την ένταξη έξυπνων λογισμικών, με τη διοργάνωση ημερίδων εκμάθησης των πολιτών, και με την εκμάθηση των μικρών σε ηλικία πολιτών από τη σχολική εκπαίδευση. Υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλος αριθμός τέτοιου είδους περιστατικών σε όλη την Ελλάδα τα οποία κρίνεται απαραίτητο να εξαλειφθούν το συντομότερο δυνατό. Κάθε ένα από αυτά τα περιστατικά, είναι ένα ηχηρό παράδειγμα τόσο της αδυναμίας πλέον των συμβατικών μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων να ανταπεξέλθουν, όσο και της ανάγκης εκμάθησης και εξοικείωσης των πολιτών με τον τομέα\_ (Γεμάτοι οι κάδοι στην Τρόπολη, τι γίνεται με την ανακύκλωση; 2018).

## Κεφάλαιο 5ο: Διαχείριση Αποβλήτων και Κυκλική Οικονομία

Στη σύγχρονη εποχή, οι πόλεις αρχίζουν και απαντούν στο πρόβλημα του τεράστιου όγκου αποβλήτων με τη χρήση έξυπνων τεχνολογιών όπως είναι το διαδίκτυο των πραγμάτων, η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση. Οι παραπάνω τεχνολογίες αντικαθιστούν τις ξεπερασμένες συμβατικές μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων αυξάνοντας κατά αυτό τον τρόπο τα επίπεδα αποτελεσματικότητας, μειώνοντας ταυτόχρονα τα επίπεδα ρύπων και κατανάλωσης πρώτων υλών. Υπάρχει όμως άλλος ένας τρόπος μείωσης των αποβλήτων που οδηγούνται σε κέντρα συλλογής, ο οποίος εξαρτάται άμεσα από τη δυναμικότητα του συστήματος διαχείρισης αυτών.

Ο τρόπος αυτός ονομάζεται κυκλικής οικονομία. Σε γενικές γραμμές, με τον όρο κυκλική οικονομία εννοείται η παραγωγή ίδιου αριθμού προϊόντων, καταναλώνοντας λιγότερες πρώτες ύλες. Το παραπάνω επιτυγχάνεται κυρίως όταν ένα σύνολο επιχειρήσεων ή βιομηχανιών χρησιμοποιούν η μία τα απόβλητα της άλλης σαν πρώτες ύλες, δημιουργώντας έτσι ένα σύνολο βιομηχανιών που παράγουν λιγότερα απόβλητα, παράγουν τον ίδιο αριθμό προϊόντων, αλλά καταναλώνουν πρακτικά λιγότερες πρώτες ύλες.

### 5.1 Οδικός χάρτης 2021

Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε στο 5ο συνέδριο της Verde.tec, με θεματολογία τις τεχνολογίες περιβάλλοντος, ο όρος κυκλική οικονομία μεταφράζεται ως η παραγωγή ίδιου η ακόμη μεγαλύτερου αριθμού προϊόντων, καταναλώνοντας ταυτόχρονα όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια και πόρους (Verdetec 2022). Με βάση το ΥΠΕΝ λοιπόν, το Μάρτιο του 2020 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εδραίωσε το ανανεωμένο Σχέδιο Δράσης της ΕΕ που αφορά τον τομέα της κυκλικής οικονομίας το οποίο αναφέρεται σε τομείς που έχουν ιδιαίτερα έντονη χρήση ενέργειας και πόρων γενικότερα, το οποίο από την άλλη συνεπάγεται έναν υψηλό δείκτη σχετικά με τη δυνατότητα κυκλικότητας τους. Ακολούθησε το Νοέμβριο του 2021 η αναθεώρηση του Εθνικού Σχεδίου, ακολουθώντας τα περιεχόμενα του ως άνω σχεδίου της ΕΕ. Πιο

συγκεκριμένα, ο νέος “Οδικός Χάρτης” όπως αποκαλείται, επικεντρώνεται σε (Τεύχος 1ο 2022):

1) Βιώσιμη Παραγωγή: κατά την οποία τα απόβλητα του ενός μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οι πόροι του άλλου. Το προαναφερθέν θα μπορούσε να έχει έντονη χρήση σε βιομηχανικές περιοχές ΒΙΠΕ, στις οποίες μπορούν οι βιομηχανίες που θα ενταχθούν, να ακολουθούν ένα συγκεκριμένο σχέδιο κυκλικότητας μεταξύ τους. Η βιώσιμη παραγωγή συνεπάγεται την ελαχιστοποίηση της παραγωγής αποβλήτων από τις τους εν λόγω παραγωγούς καθώς τα απόβλητα αυτά επαναχρησιμοποιούνται άμεσα ως πόροι. Το παραπάνω συνδέεται επίσης άμεσα με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων και τα έξυπνα λογισμικά, καθώς η βελτιστοποίηση του σχεδίου διαχείρισης αποβλήτων, για παράδειγμα εντός μίας βιομηχανικής περιοχής, θα βελτιστοποιούσε με τη σειρά της το διαχωρισμό, τη συλλογή, και τη διανομή των αποβλήτων όπου αυτά είναι χρήσιμα για επαναχρησιμοποίηση.

2) Βιώσιμη Κατανάλωση: Η νοοτροπία των πολιτών έχει τη δυνατότητα πολλές φορές να επηρεάσει είτε αρνητικά είτε θετικά ένα σχέδιο κυκλικής οικονομίας. Με βάση το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, η βιώσιμη κατανάλωση αφορά τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων που διαθέτουν τα προϊόντα και οι συσκευασίες αυτών, καθ’ όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Ένα κλασικό παράδειγμα είναι η προσπάθεια καταργηθούν οι πλαστικές σακούλες μίας χρήσης η οποίες επιβαρύνουν το σύστημα λόγω των συνεπειών τους προς το περιβάλλον και της αδυναμίας επαναχρησιμοποίησής τους. Προωθείται λοιπόν η συμμετοχή των καταναλωτών στην κυκλική οικονομία με δράσεις που αποσκοπούν στην επιστημονική και πιστοποιημένη ενημέρωσή τους.

3) Λιγότερα απόβλητα με μεγαλύτερη αξία: Ο κύκλος ενός σχεδίου κυκλικής οικονομίας, πρακτικά κλείνει με αυτό το κομμάτι. Εντός ενός τέτοιου είδους σχεδίου, και με την εφαρμογή της λογικής “τα απόβλητα μου, οι πόροι σου”, ουσιαστικά μειώνεται η καθαρή – τελική παραγωγή αποβλήτων διότι ένα μεγάλο μέρος αυτών επαναχρησιμοποιείται ως βασικός πόρος. Όπως προαναφέρθηκε, μία τέτοιου είδους λογική τελειοποιείται με την ένταξη ενός ανεπτυγμένου προγράμματος διαχείρισης αποβλήτων στην εξίσωση, και συγκεκριμένα των έξυπνων λογισμικών. Η Ελλάδα, έχει

δεσμευθεί στη μείωση κατά μεγάλο ποσοστό της παραγωγής αποβλήτων και στη χρήση αυτών για την παραγωγή πρώτων υλών και ενέργειας.

4) Οριζόντιες Δράσεις: Είναι οι δράσεις που οδηγούν τη χώρα ταχύτερα σε μία κατάσταση κυκλικής οικονομίας. Αφορούν διακυβερνητικές δράσεις, νομοθετικές και κανονιστικές, οργανωτικές και ταυτόχρονα δράσεις παρακολούθησης της σωστής εφαρμογής του σχεδίου.

5) Ειδικές δράσεις που αφορούν προϊόντα προτεραιότητας: Κάποια προϊόντα παρουσιάζουν ιδιαιτερότητας αναφορικά με την εφαρμογή των κανόνων ενός προγράμματος κυκλικής οικονομίας σε αυτά. Πραγματοποιούνται λοιπόν συγκεκριμένες δράσεις που αποσκοπούν στην οριζόντια ένταξη των προϊόντων αυτών σε τέτοιου είδους προγράμματα (Ηλεκτρονικά, οχήματα, συσκευασίες, πλαστικά, κλωστοϋφαντουργικά, μπάζα, οργανικά προϊόντα)

## 5.2 Βιομηχανικές περιοχές

Ένα κλασσικό παράδειγμα εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας είναι οι βιομηχανικές περιοχές. Ως Βιομηχανική περιοχή, με βάση τον ορισμό που δίνει η βιομηχανική περιοχή της Αγίας Βαρβάρας Πάφου (Συμβούλιο 2023), ονομάζεται «μία έκταση με προκαθορισμένα όρια, κατάλληλα διαρρυθμισμένη και εξοπλισμένη με έργα υποδομής όπως δίκτυα κτλ, προοριζόμενη για την εγκατάσταση βιομηχανιών. Τα όρια της προσδιορίζονται και η έκταση της οργανώνεται με βάση κάποιο ρυθμιστικό σχέδιο. Τα δε δίκτυα υποδομής αφορούν αφ' ενός στα έργα οδοποιίας, ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτροφωτισμού των δρόμων και αφ' ετέρου σε έργα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεφωνικών γραμμών. Τέλος παρέχονται διάφορες εξυπηρετήσεις (τράπεζες, ιατρείο, ταχυδρομείο κτλ.»

Ένας επιπλέον ορισμός που αποδίδει η Κόνσολα το 1985 σχετικά με τις βιομηχανικές περιοχές έχει ως εξής: “Βιομηχανική Περιοχή είναι έκταση που αποκτάται από το φορέα ανάπτυξης της, οργανώνεται με βάση ρυθμιστικό σχέδιο, εφοδιάζεται με όλα τα δίκτυα υποδομής και διατίθεται σε μορφή γηπέδων για την εγκατάσταση βιομηχανικών ή βιοτεχνικών επιχειρήσεων, στις οποίες παρέχει πρόσθετες υπηρεσίες και κίνητρα”



Σύμφωνα με την Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Αναπτύξεως, ΕΤΒΑ, τα οφέλη εγκατάστασης μίας βιομηχανικής περιοχής έπεται από την υλοποίηση των κατάλληλων μελετών και τη θέσπιση ελάχιστων προδιαγραφών που πρέπει να διαθέτει η κάθε βιομηχανία για την ένταξη της σε αυτήν, φαίνονται παρακάτω:

- 1) Ανεπτυγμένα δίκτυα εντός των προκαθορισμένων ορίων των ΒΙΠΕ, όπως δίκτυα ύδρευσης, οδικά δίκτυα και γενικότερα δίκτυα υποδομών.
- 2) Ανάπτυξη συνεργασίας μεταξύ των επιχειρήσεων που συμμετέχουν στις ΒΙΠΕ
- 3) Οικονομικές και νομικές διευκολύνσεις και οφέλη για τις επιχειρήσεις.

*Συμπερασματικά πρόκειται για περιοχές κατάλληλα σχεδιασμένες για την υποστήριξη μεγάλου αριθμού επιχειρήσεων, οι οποίες είναι απαραίτητο να συνεργάζονται μεταξύ τους ώστε να είναι αποτελεσματικό και παραγωγικό το εν λόγω μοντέλο.*

Εντός λοιπόν των βιομηχανικών περιοχών, κρίνεται απαραίτητο να τηρείται η βιομηχανική συμβίωση, η οποία είναι πρακτικά η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας μέσα σε αυτές, με κύρια μέριμνα το γεγονός ότι το απόβλητο της μίας βιομηχανίας αποτελεί την πρώτη ύλη μίας άλλης. Βαδίζοντας πάνω στο μοντέλο που αναφέρεται παραπάνω, στόχος είναι εντός των βιομηχανικών περιοχών να εγκαθίστανται εταιρίες και βιομηχανίες οι οποίες μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους ώστε να γίνεται πραγματικότητα η βιομηχανική συμβίωση. Θα πρέπει δηλαδή να πραγματοποιείται μία μελέτη ως προς το ποιές είναι οι κατάλληλες βιομηχανίες που θα εντάσσονται σε κάθε βιομηχανική περιοχή. Το πρώτο παράδειγμα επιτυχούς εφαρμογής του όρου της βιομηχανικής συμβίωσης, έλαβε χώρα στο Κάλουντμποργκ της Δανίας (Ραχμανίδη 2021).

### **5.3 Διαχείριση αποβλήτων και ανάπτυξη αυτής εντός των βιομηχανικών περιοχών**

Ο τομέας της διαχείρισης αποβλήτων εντός των βιομηχανικών περιοχών χρίζει ιδιαίτερης προσοχής διότι από αυτόν κρίνεται η ομαλή λειτουργία του κορμού της βιομηχανικής συμβίωσης (Team 2021). Αν μία βιομηχανική περιοχή διαθέτει ένα

σύστημα διαχείρισης αποβλήτων το οποίο υπολειτουργεί, ή χρησιμοποιεί παλαιωμένες μεθόδους, ή το συνδυασμό των δύο, δεν θα είναι δυνατό να υλοποιείται σε ικανοποιητικά πλαίσια ο στόχος της μετατροπής των μίας επιχείρησης σε πρώτη ύλη κάποιας άλλης επιχείρησης, και η μείωση του οικολογικού αποτυπώματος. Σε αυτό το σημείο, δένει κατάλληλα η έννοια της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων.

Ας τεθεί ένα υποθετικό σενάριο στο οποίο δύο επιχειρήσεις έπειτα από μελέτες που αφορούν τη μετατροπή των αποβλήτων ή γενικότερα των δευτερογενών πόρων και υποπροϊόντων της μίας, σε πρωτογενείς υλικά της άλλης, εγκατασταθούν σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Αν στην εξίσωση προστεθούν τα έξυπνα λογισμικά, για παράδειγμα αισθητήρες πληρότητας στα καπάκια των κάδων, κάθε δρομολόγιο οχήματος συλλογής απορριμμάτων της εταιρίας που εκμεταλλεύεται τα εν λόγω απόβλητα θα είναι 100% παραγωγικό. Με τον ως άνω τρόπο θα πραγματοποιείται ταυτόχρονα επιπλέον εξοικονόμηση χρημάτων και πόρων, αφού δεν θα εκτελούνται ανούσια δρομολόγια λόγω της γνώσης που θα κατέχεται πλέον μέσω κάποιας εφαρμογής αναφορικά με τα επίπεδα πληρότητας των κάδων. Εκτός των αισθητήρων, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν αυτόματοι συμπίεστες συνδυαστικά με τους αισθητήρες, οι οποίοι με τη χρήση ηλιακής ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό εγκατεστημένο στην κορυφή των κάδων, θα πραγματοποιούν συμπίεση των απορριμμάτων όταν αυτά φτάσουν σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Έτσι, με ένα δρομολόγιο θα συλλέγονται πολύ μεγαλύτερα ποσά αποβλήτων που προορίζονται για πρώτες ύλες, τα οποία μπορεί και να είναι χρήσιμο, ανάλογα με την περίπτωση, να είναι συμπιεσμένα. Ένας ακόμη τρόπος βελτιστοποίησης μίας βιομηχανικής περιοχής σε ένα πιο γενικό πλαίσιο, είναι η εγκατάσταση υπόγειου συστήματος κάδων απορριμμάτων. Εκτός από την εξοικονόμηση χώρου και “οπτικής ρύπανσης” που προέρχεται από τους παραδοσιακούς κάδους απορριμμάτων, θα καταπολεμούνται και οι οσμές, οι οποίες σε μία περιοχή όπου είναι εγκατεστημένος ένας τόσο μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων, είναι αναμενόμενο να υπάρχουν λόγω του πλήθους των κάδων. Τέλος, ακόμα ένα, πιο προηγμένο και ίσως πιο κοστοβόρο σύστημα, θα μπορούσε να είναι αυτό της αναρρόφησης κενού μέσω του οποίου τα απόβλητα θα μεταφέρονταν μέσα από ένα σύνολο σωλήνων στον επιλεγμένο προορισμό τους, χωρίς της χρήση οχημάτων για τη μεταφορά τους, εκτός από εκείνα που προορίζονται για έναν χώρο εκτός της βιομηχανικής περιοχής (Εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, ανακύκλωσης, ΧΥΤΑ κτλ.).



Οι βιομηχανικοί χώροι μπορούν να επωφεληθούν σημαντικά από την εφαρμογή έξυπνων πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων. Παρακάτω παρουσιάζονται τρόποι με τους οποίους μπορούν να συνεργαστούν αποτελεσματικότερα:

1. Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο: Οι έξυπνες συστάσεις διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να ενσωματώνουν αισθητήρες και συσκευές παρακολούθησης για την παρακολούθηση της παραγωγής αποβλήτων, του επιπέδου γεμίματος των δοχείων και των διαδρομών συλλογής. Οι βιομηχανικές περιοχές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για να βελτιστοποιήσουν το πρόγραμμα συλλογής αποβλήτων, να διασφαλίσουν έγκαιρη συλλογή και να αποτρέψουν την υπερχειλίση των κάδων ή την αθέτηση των αποβλήτων.
2. Αποτελεσματική ταξινόμηση αποβλήτων: Οι βιομηχανικοί χώροι συνήθως παράγουν διάφορους τύπους αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων επικίνδυνων υλικών. Τα λογισμικά και οι τεχνολογίες έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να βοηθήσουν στην αποτελεσματική ταξινόμηση των αποβλήτων μέσω αυτόματων συστημάτων ταξινόμησης, οπτικής αναγνώρισης ή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Αυτό εξασφαλίζει τη σωστή κατηγοριοποίηση των αποβλήτων, επιτρέποντας την αποτελεσματική απόρριψη, ανακύκλωση ή ανάκτηση των αξιόλογων πόρων που προκύπτουν από αυτά.
3. Προβλεπτική ανάλυση: Μέσω της ανάλυσης ιστορικών δεδομένων και μοτίβων, οι συστήματα έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να παρέχουν προβλεπτική ανάλυση για τους βιομηχανικούς χώρους. Αυτό επιτρέπει στις επιχειρήσεις και στις αρχές διαχείρισης αποβλήτων να προβλέπουν τις κορυφές παραγωγής αποβλήτων, να προσαρμόζουν τη συχνότητα συλλογής και να βελτιστοποιούν την εκχώρηση πόρων. Η προβλεπτική ανάλυση μπορεί επίσης να βοηθήσει στον εντοπισμό περιοχών όπου μπορούν να υλοποιηθούν πρωτοβουλίες μείωσης των αποβλήτων ή προγράμματα ανακύκλωσης.
4. Μετατροπή αποβλήτων σε ενέργεια: Στις βιομηχανικές περιοχές παράγονται σημαντικές ποσότητες οργανικών αποβλήτων, τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε ανανεώσιμη ενέργεια μέσω διαδικασιών αναερόβιας χώνευσης

ή άλλων πρακτικών παραγωγής ενέργειας από απόβλητα. Τα έξυπνα λογισμικά διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να διευκολύνουν την αποτελεσματική συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας, συνεισφέροντας στους στόχους βιωσιμότητας των βιομηχανικών χώρων.

5. Ένταξη στην αλυσίδα εφοδιασμού: Η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων μπορεί να ενσωματωθεί στην ευρύτερη βιομηχανική αλυσίδα εφοδιασμού. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως RFID, τα απόβλητα μπορούν να παρακολουθηθούν κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού, επιτρέποντας την ακριβή παρακολούθησή τους και την αποτελεσματική διαχείρισή τους.

Με την εφαρμογή έξυπνων πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων, οι βιομηχανικές περιοχές μπορούν να επιτύχουν αυξημένη αποδοτικότητα, μείωση του κόστους, βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης και ενίσχυση της βιωσιμότητας στις δραστηριότητές τους.

#### **5.4 Ποια είναι λοιπόν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κυκλικής οικονομίας**

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής ενός ορθού και αποτελεσματικού μοντέλου κυκλικής οικονομίας, φαίνονται ως κάτω (Circular economy: definition, importance and benefits 2023):

- Συνεπάγεται την περαιτέρω προστασία του περιβάλλοντος διότι όταν μία βιομηχανία επαναχρησιμοποιεί, ανακυκλωμένα και μη, τα απόβλητα μίας άλλης, μειώνεται πρακτικά το σύνολο πρώτων υλών που εξάγονται άμεσα από το περιβάλλον. Επομένως, αν πραγματοποιείται μείωση της χρήσης πρώτων υλών που προέρχονται απευθείας από το περιβάλλον, θα επιτευχθεί ελαχιστοποίηση της αναστάτωσης των βιοτόπων και της βιοποικιλότητας. Ταυτόχρονα, το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας συνεπάγεται τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Με βάση το Ευρωπαϊκό Υπουργείο

Περιβάλλοντος, το 9.72% των εκπομπών τέτοιου είδους αερίων στην Επη προέρχεται από τη βιομηχανία.

- Παρατηρείται μείωση της εξάρτησης που έχει κάθε χώρα από πρώτες ύλες, τις οποίες μπορεί και να προμηθεύεται από άλλες χώρες. Αν για παράδειγμα θεωρηθεί ένα μοντέλο 3 βιομηχανιών που η μία εκμεταλλεύεται τα απορρίμματα της άλλης, η αρχική προμήθεια που χρειάζονται σε πρώτες ύλες είναι πολύ μικρότερη από εκείνη που θα τους ήταν απαραίτητη αν λειτουργούσαν ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Σύμφωνα με δεδομένα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η τιμή των πρώτων υλών στο εμπόριο έχει τριπλασιαστεί συγκριτικά με το 2002, γεγονός που σημαίνει ότι κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική η μείωση των εισαγωγών πρώτων υλών εντός της Ένωσης.
- Μειώνοντας το αρχικό κεφάλαιο που αφιερώνεται στις πρώτες ύλες, μειώνεται με τη σειρά του και το κόστος παραγωγής των βιομηχανιών, το οποίο συνεπάγεται και τη μείωση του κόστους των προϊόντων για τους πολίτες.
- Η μετάβαση σε ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας αυξάνει την ανταγωνιστικότητα με αποτέλεσμα να πυροδοτεί την καινοτομία των βιομηχανιών, γεγονός το οποίο θα μπορούσε να ενισχύσει την οικονομική τους δυναμική και να δημιουργήσει πληθώρα νέων θέσεων εργασίας (εκτιμώνται γύρω στις 700.000 εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης έως το 2030).

Όλα τα παραπάνω είναι στόχοι που κάθε χώρα θα ήθελε να φτάσει, και έξυπνη διαχείριση αποβλήτων είναι ένα εργαλείο που μπορεί να ανοίξει τους ορίζοντες τέτοιου είδους συστημάτων όπως η κυκλική οικονομία που βασίζονται σε αυτή.

Κάποια από τα μειονεκτήματα που μπορεί να παρουσιαστούν με βάση την *Banco Bilbao Vizcaya Argentaria* φαίνονται παρακάτω (Advantages and disadvantages of the circular economy 2021):

- Θα υπάρξει, τουλάχιστον στα πρώτα στάδια, έλλειψη νόμων που αφορούν τον υγιή ανταγωνισμό μεταξύ των βιομηχανιών καθώς, καλώς η κακώς, το μοντέλο κυκλικής οικονομίας ανοίγει νέους ορίζοντες και στον τομέα του τοξικού ανταγωνισμού. Ωστόσο με το πέρασ του χρόνου και με λίγο περισσότερη

εμπειρία αναφορικά με τη διαχείριση αυτών των μοντέλων θα βρεθούν και θα παρθούν τα κατάλληλα μέτρα για την εξάλειψη τέτοιου είδους ανταγωνισμού, διότι πλέον η κάθε βιομηχανία θα εξαρτάται από τη βιομηχανία “γείτονά” της.

- Θα υπάρχουν σίγουρα είδη αποβλήτων τα οποία θα είναι δύσκολο είτε να ανακυκλωθούν είτε να μετατραπούν σε πρώτη ύλη μίας άλλης βιομηχανίας. Είναι αναπόφευκτο από την άλλη να χρησιμοποιείται το 100% των αποβλήτων των βιομηχανιών. Επομένως κάποια από αυτά θα πηγαίνουν για άλλων ειδών διαχείριση όπως μετατροπή σε ενέργεια μέσω καύσης, δημιουργία κομπόστ, κτλ.

Εν κατακλείδι, η κυκλική οικονομία και η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων μπορούν όχι απλά να συνεργαστούν αλλά να συμπληρώνουν ουσιαστικά η μία την άλλη.. Και οι δύο έννοιες σαν κοινό στόχο να ελαχιστοποιήσουν την παραγωγή αποβλήτων, να μεγιστοποιήσουν την αποδοτικότητα των πόρων και να προωθήσουν την αειφορία.

Η κυκλική οικονομία αποσκοπεί στη δημιουργία ενός κλειστού συστήματος όπου οι πόροι χρησιμοποιούνται και επαναχρησιμοποιούνται μέσα σε ένα μοντέλο συνεχούς κύκλου, αντί να απορρίπτονται ως απόβλητα. Δίνει έμφαση στη μείωση των αποβλήτων, την ανακύκλωση των υλικών και την επέκταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων μέσω πρακτικών όπως η επισκευή και η ανακατασκευή. Η κυκλική οικονομία έχει ως στόχο να εξαλείψει την έννοια των αποβλήτων, θεωρώντας όλα τα υλικά ως πολύτιμους πόρους που μπορούν να κυκλοφορούν και να ανακυκλώνονται συνεχώς στην οικονομία.

Η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων, από την άλλη πλευρά, αξιοποιεί την τεχνολογία, την ανάλυση δεδομένων και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων για τη βελτιστοποίηση της συλλογής, ταξινόμησης και επεξεργασίας των αποβλήτων. Περιλαμβάνει τη χρήση αισθητήρων, έξυπνων κάδων και συστημάτων παρακολούθησης για να καταγράφουν τα επίπεδα αποβλήτων, να βελτιώνουν την αποδοτικότητα της συλλογής και να επιτρέπουν τη λήψη αποφάσεων βασισμένων σε δεδομένα. Η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων βοηθά στο να διευκολύνει τις διεργασίες της διαχείρισης αποβλήτων, να μειώνει το κόστος, να ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να βελτιώνει γενικά το μοντέλο της διαχείρισης αποβλήτων.

Η συνεργασία μεταξύ της κυκλικής οικονομίας και της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων είναι επωφελής τους ως κάτω λόγους:

1. Πρόληψη και μείωση των αποβλήτων: Τα συστήματα έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων επιτρέπουν καλύτερη παρακολούθηση, ανάλυση και αναγνώριση επιλογών για πρόληψη των αποβλήτων. Μέσω της κατανόησης των προτύπων παραγωγής αποβλήτων, επιχειρήσεις και κοινότητες μπορούν να υιοθετήσουν αρχές της κυκλικής οικονομίας για τη μείωση των αποβλήτων από την πηγή και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των υλικών.
2. Αποτελεσματική διαχείριση πόρων: Οι τεχνολογίες της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τη σύνθεση, την ποσότητα και την τοποθεσία των αποβλήτων. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση των αξιόλογων πόρων εντός του ρεύματος αποβλήτων που μπορούν να ανακτηθούν, να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν, συμβαδίζοντας με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας για τη βελτιστοποίηση αναφορικά με τη χρήση των πόρων.
3. Ανακύκλωση και ανάκτηση: Οι αρχές της κυκλικής οικονομίας δίνουν προτεραιότητα στην ανακύκλωση και την ανάκτηση των υλικών για να τα διατηρήσουν στην κυκλοφορία. Τα συστήματα έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων διευκολύνουν την αποτελεσματική ταξινόμηση και διαχωρισμό των ροών αποβλήτων, βελτιώνοντας τη διαδικασία ανακύκλωσης και εξασφαλίζοντας ότι τα πολύτιμα υλικά δεν χάνονται στο χώρο των χωματερών.
4. Επέκταση διάρκειας ζωής των προϊόντων: Οι στρατηγικές της κυκλικής οικονομίας προάγουν τη μακροζωία των προϊόντων μέσω της επισκευής, της ανακατασκευής και της επανακυκλοφορίας. Η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό προϊόντων στα οποία είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί επισκευή ή αναπροσαρμογή, αποτρέποντας την απόρριψή τους και επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής τους.
5. Συνεργασία ενδιαφερόμενων φορέων: Και η κυκλική οικονομία και η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων απαιτούν τη συνεργασία μεταξύ διάφορων ενδιαφερομένων φορέων, όπως επιχειρήσεις, κυβερνητικά φορείς, οργανισμούς ανακύκλωσης και κοινότητες. Η συνεργασία αυτή μπορεί να προάγει την ανταλλαγή γνώσεων, την κοινή χρήση πόρων και την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αειφορίας στη διαχείριση των αποβλήτων.

Συνολικά, η συνεργασία μεταξύ της κυκλικής οικονομίας και της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων μπορεί να οδηγήσει σε πιο βιώσιμες και αποδοτικές διαδικασίες διαχείρισης των πόρων και των αποβλήτων, μειώνοντας την περιβαλλοντική επίπτωση και συμβάλλοντας στην αειφόρο ανάπτυξη.

## Κεφάλαιο 6ο: Μελέτες εφαρμογής έξυπνων συστημάτων

Στο εν λόγω κεφάλαιο θα παρουσιαστεί μία μελέτη περίπτωσης της ένταξη έξυπνων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων στον δήμο Αγίας Παρασκευής Αττικής αναλύοντας το οικονομικό αποτύπωμα αυτής, αλλά και τα ποσοστά μείωσης των ρύπων. Επιπλέον, παρουσιάζεται μία πρόταση τοποθέτησης έξυπνων κάδων στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής και τα πλεονεκτήματα αυτής.

### 6.1 Μελέτη περίπτωσης δήμου: Δήμος Αγίας Παρασκευής

Αναφορά στον στόχο και στις ανάγκες του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων που αναγράφεται το ΤΣΔΑ:

«Υπάρχει ανάγκη για δημιουργία βάσεων δεδομένων και αυτοματισμών, που θα βοηθούν, τόσο στο λειτουργικό κομμάτι της Υπηρεσίας, όσο και στη διαχείριση του προσωπικού και των εργασιακών θεμάτων του, όπως η τηλεματική διαχείριση στόλου, η ψηφιοποίηση των κάδων και επικαιροποίηση του Τοπικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) του Δήμου Αγίας Παρασκευής- Σύμβουλοι Περιβαλλοντικών & Αναπτυξιακών Έργων Σελίδα 119 από 265 των δρομολογίων των οχημάτων, ηλεκτρονικές εφαρμογές, που θα βοηθούν στην εποπτεία της αποκομιδής και γενικά της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης των αποβλήτων»

Ο δήμος Αγίας Παρασκευής ανήκει στην περιφερειακή ενότητα βορείου τομέα Αθηνών της περιφέρειας Αττικής. Κατοικείται από σχεδόν 60.000 πολίτες και έχει έκταση 7935 τ.χλμ. Τα αναλυτικά στοιχεία των κάδων που διαθέτει, με βάση το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων φαίνονται ως κάτω:

Πράσινοι κάδοι	1786
Μπλε κάδοι	1015
Κίτρινοι κάδοι	38
Γυάλινοι κάδοι τύπου καμπάνα	34
Κάδοι πλαστικών και μεταλλικών συσκευασιών	60

Παραγωγή ΑΣΑ το 2020 (Συνολική παραγωγή 27.000 τόνοι):

- 1) 46% αυτών ήταν οργανικά (12.420 τόνοι)
- 2) 21% αυτών ήταν έντυπο χαρτί (5.697 τόνοι)
- 3) 4.2% αυτών ήταν γυαλί (1.134 τόνοι)

Γενικά εκτιμάται ότι η παραγωγή ΑΣΑ, ποσοτικά και συστατικά, θα παραμείνει ίδια στο διάστημα 2021-2025.

Ο δήμος Αγίας Παρασκευής Αττικής αναφέρει στο τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων:

«Υπάρχει ανάγκη για δημιουργία βάσεων δεδομένων κι αυτοματισμών, που θα βοηθούν, τόσο στο λειτουργικό κομμάτι της Υπηρεσίας, όσο και στη διαχείριση του προσωπικού και των εργασιακών θεμάτων του, όπως η τηλεματική διαχείριση στόλου, η ψηφιοποίηση των κάδων και επικαιροποίηση του Τοπικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) του Δήμου Αγίας Παρασκευής- Σύμβουλοι Περιβαλλοντικών & Αναπτυξιακών Έργων Σελίδα 119 από 265 των δρομολογίων των οχημάτων, ηλεκτρονικές εφαρμογές, που θα βοηθούν στην εποπτεία της αποκομιδής και γενικά της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης των αποβλήτων» (Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) του Δήμου Αγίας Παρασκευής, 2021) Το ως άνω επιτυγχάνεται με την εισαγωγή των έξυπνων λογισμικών στο σύστημα διαχείρισης το οποίο έχει ήδη ξεκινήσει στον δήμο με την εγκατάσταση έξυπνων βυθιζόμενων κάδων.

### **6.1.1 Δεδομένα Οχημάτων Αποκομιδής**

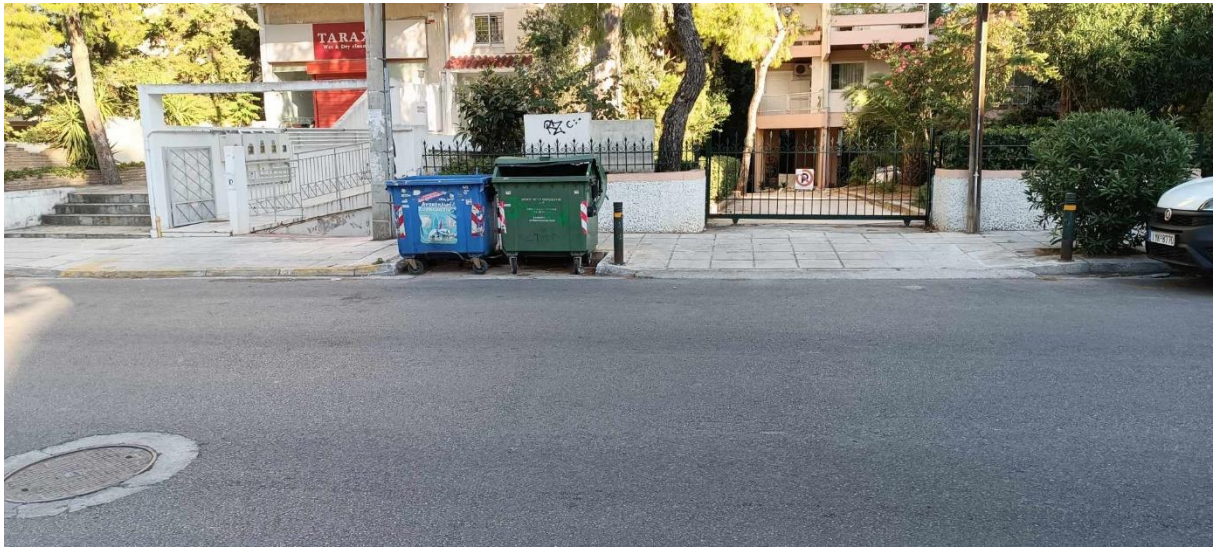
Τα σύμμεικτα απορρίμματα οδηγούνται καθημερινά στον ΧΥΤΑ Αττικής/Φυλής ενώ τα ανακυκλώσιμα στο ΚΔΑΥ Κωροπίου. Τέλος, σε περίπτωση ανάγκης, όπως η δυσλειτουργία του ΧΥΤΑ, απορρίμματα οδηγούνται σε σταθμό μεταφόρτωσης κατά την αποκομιδή τους από τα οχήματα ο οποίος βρίσκεται στον δήμο Παπάγου και απέχει περίπου 5 χιλιόμετρα από τα σύνορα της Αγίας Παρασκευής με τον δήμο Χολαργού, και 8 περίπου χιλιόμετρα από το κεντρικό σημείο του δήμου Αγίας Παρασκευής το οποίο μπορεί και να θεωρηθεί μέση απόσταση. Επιπλέον, απέχει 11 χιλιόμετρα από το κέντρο του δήμου Αγίας Παρασκευής αν τα απορριμματοφόρα οχήματα πραγματοποιήσουν την διαδρομή μέσω της Αττικής οδού, το οποίο αναφέρεται και στο Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων καθώς αναγράφονται έξοδα 42.000€ σε διόδια.



Ακολουθούν τα έξοδα των οχημάτων αποκομιδής ανά έτος με τα τωρινά δεδομένα του δήμου για το έτος 2023. Η πλειοψηφία των οχημάτων συλλογής που διαθέτει ο δήμος Αγίας Παρασκευής, και όχι μόνο, είναι παλαιωμένα και χρίζουν αντικατάστασης στο κοντινό μέλλον. Συγκεκριμένα, διαθέτει 1 το οποίο λειτουργεί τα τελευταία 20 χρόνια, 4 που λειτουργούν τα τελευταία 12 χρόνια, 4 που λειτουργούν τα τελευταία 7 χρόνια και 3 καινούργια που έχουν κλείσει μόλις 3 χρόνια λειτουργίας για ΑΣΑ. Αντίστοιχα για τα ανακυκλώσιμα υλικά, ο δήμος διαθέτει 2 οχήματα που λειτουργούν 9 χρόνια, και 2 καινούργια που λειτουργούν εδώ και 2 χρόνια. Τα εν λόγω απορριματοφόρα του δήμου Αγίας Παρασκευής έχουν 71% πληρότητα στην ποσότητα αποβλήτων που μεταφέρουν σε βάθος ενός έτους, και πραγματοποιούν κατά μέσο όρο 234 δρομολόγια το καθένα ανά έτος. Όπως αναφέρει το τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων, τα απορριματοφόρα των σύμμεικτων ΑΣΑ κατανάλωσαν 100.000 λίτρα πετρελαίου και 33.400 λίτρα φυσικού αερίου, με συνολικό κόστος λειτουργίας των οχημάτων αυτών, συμπεριλαμβανομένων των διοδίων, να είναι περίπου 233.378 € ανά έτος. Υπάρχουν και άλλα κόστη που αφορούν τον στόλο, τα οποία όμως θα θεωρηθούν σταθερά. Αυτά τα κόστη είναι η ετήσια συντήρηση, η ετήσια αμοιβή τρίτων, η ασφάλεια/ τέλη οχημάτων και η ετήσια αμοιβή των υπαλλήλων. Τα ως άνω έξοδα αφορούν 10 οχήματα αποκομιδής σύμμεικτων αποβλήτων και 4 οχήματα αποκομιδής ανακυκλώσιμων από μπλε κάδους.

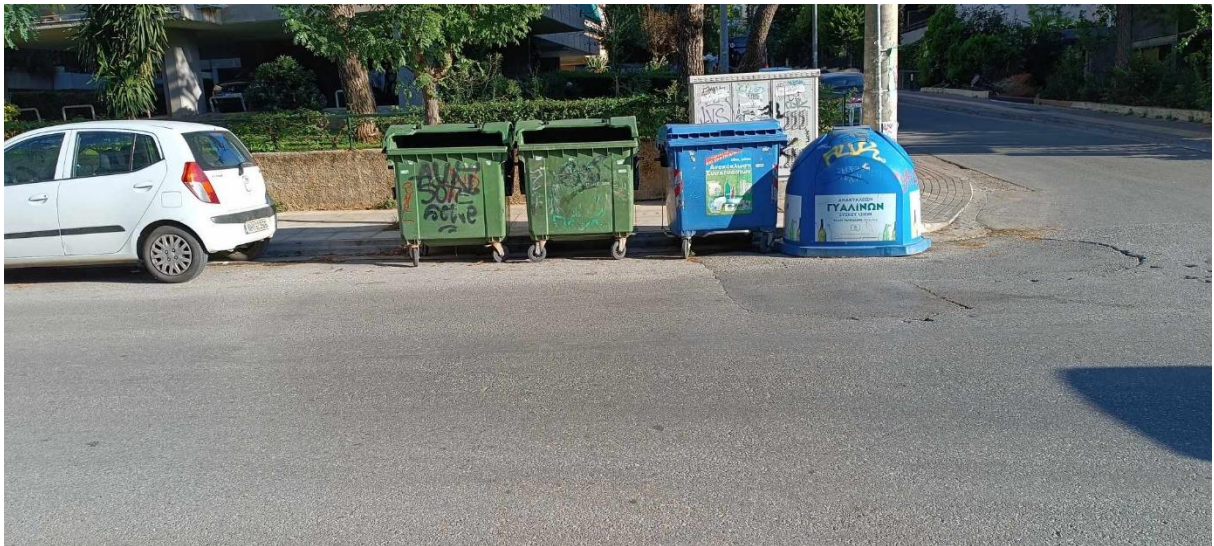
### **6.1.2 Κατάσταση Κάδων**

Παρακάτω φαίνονται εικόνες που πάρθηκαν από την ισχύουσα κατάσταση του δήμου Αγίας Παρασκευής στις 7/9/2023 οι οποίες δείχνουν τους συνδυασμούς των κάδων που είναι τοποθετημένα σε ποικιλία οδών του δήμου ώστε να αξιολογηθεί εάν είναι ορθή λογική τοποθέτησης αυτών.



*Εικόνα 19*

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η εσοχή που υπάρχει στο πεζοδρόμιο για την είσοδο δύο κάδων σε αυτή. Η εν λόγω εσοχή έχει διαστάσεις 2.5\*1 μέτρα και χωράει εύκολα 2 κάδους 1100 λίτρων με κενό μεταξύ τους και μεταξύ του πεζοδρομίου και αυτών για ευκολία προς τους εργαζόμενους αποκομιδής.



*Εικόνα 20*

Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται η σωστή διάταξη των κάδων, δηλαδή δύο πράσινοι κάδοι σύμμεικτων αποβλήτων και ένας μπλε κάδος σύμμεικτων ανακυκλώσιμων, οι οποίοι συνοδεύονται από έναν κάδο τύπου καμπάνας για την χωριστή συλλογή του γυαλιού. Από την δεύτερη εικόνα βέβαια απουσιάζει ο κίτρινος κάδος που αποσκοπεί στην χωριστή συλλογή του έντυπου χαρτιού.



*Εικόνα 21*

Παραπάνω φαίνεται ένα κεντρικό σημείο στον δήμο στο οποίο παρατηρούνται ένας κάδος σύμμεικτων αποβλήτων, ένας μπλε κάδος σύμμεικτων ανακυκλώσιμων, ένας κάδο τύπου καμπάνας για την χωριστή συλλογή του γυαλιού, ένας κάδος χωριστής συλλογής του έντυπου χαρτιού, ένας μωβ κάδος απόρριψης ρούχων, και ένα σύστημα βυθιζόμενων κάδων που αποτελείται από έναν κάδο σύμμεικτων αποβλήτων και έναν σύμμεικτων ανακυκλώσιμων. Όπως φαίνεται και στην εικόνα, παρατηρείται μία ολοκληρωμένη εγκατάσταση κάδων απορριμμάτων, η οποία βέβαια αποτελείται ταυτόχρονα από συμβατικούς κάδους και έξυπνους βυθιζόμενους. Να σημειωθεί ότι στους έξυπνους βυθιζόμενους δεν έχουν εγκατασταθεί ακόμη οι αισθητήρες πλήρωσης, επομένως λειτουργούν σαν απλοί συμβατικοί κάδοι, απλά υπόγεια.





*Εικόνα 23*

Σε αυτή την εικόνα παρατηρείται ότι και σχεδόν σε όλες τις προηγούμενες, 3 διαφορετικά είδη κάδων, με την απουσία ωστόσο ενός ακόμη πράσινου και ενός κίτρινου.



*Εικόνα 22*

Η ως άνω τελευταία εικόνα τοποθετήθηκε για να δείξει ότι σε πολλά σημεία του δήμου υπάρχουν διατάξεις κάδων που δεν συμβαδίζουν με τον κανόνα των δύο πράσινος και ενός μπλε που θα ήταν επιθυμητό να υπάρχουν σε κάθε σημείο. Φαίνονται λοιπόν δύο μπλε κάδοι σύμμεικτων ανακυκλώσιμων και ένας πράσινος σύμμεικτων αποβλήτων. Εκτός λοιπόν του ότι υπάρχει μεγάλος αριθμός σημείων στον δήμο στα οποία υπάρχει αριθμός και τύπος κάδων που δεν συμβαδίζει με τον κανόνα των 2 πράσινων και 1 μπλε, σε συνδυασμό με κάδο έντυπου χαρτιού και κάδο για χωριστή συλλογή γυαλιού, το ΤΣΔΑ Αγίας Παρασκευής αναφέρει ξεκάθαρα ότι ο αριθμός κάδων που διαθέτει ο

δήμος δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών του. Ακόμη πιο συγκεκριμένα, δίνεται έμφαση στην μη επαρκή υποδομή χωριστής συλλογής έντυπου χαρτιού και γυαλιού. Τέλος, ο δήμος δεν διαθέτει καφέ κάδους χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων, καθώς αυτοί που είχαν τοποθετηθεί πιλοτικά αποσύρθηκαν λόγω μη συμβατότητας με τα πλυντήρια κάδων.

Παρατηρήθηκαν αρκετά σημεία στα οποία υπήρχαν 2 πράσινοι και ένας μπλε κάδος, αλλά τα περισσότερα ήταν τυχαίοι συνδυασμοί κάδων, πολύ λίγα τα σημεία που έχουν όλων των ειδών, π.χ. 2 πράσινους, 1 μπλε, 1 καμπάνα, 1 κίτρινο, 1 γκρι, 1 μωβ.

### **6.1.3 Χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων**

Όπως προαναφέρθηκε, ο δήμος Αγίας Παρασκευής δεν διαθέτει καφέ κάδους, είναι όμως δρομολογημένη η απόκτηση και εγκατάσταση αυτών στον δήμο τα επόμενα χρόνια. Με βάση το ΤΣΔΑ, προτείνεται η εγκατάσταση αυτών να πραγματοποιηθεί στα σημεία που ήδη υπάρχουν κάδοι, δηλαδή συνδυαστικά με αυτούς, καθώς είναι αυτά που οι πολίτες έχουν συνηθίσει ως σημεία απόρριψης. Το παραπάνω αποσκοπεί στην μείωση των αντιδράσεων από τους πολίτες αναφορικά με τους καφέ κάδους, όπως και τα φίλτρα που θα έχουν για την αποφυγή δυσάρεστων οσμών. Ωστόσο, η τελική θέση των κάδων θα κριθεί από την υπηρεσία καθαρισμού του δήμου.

Οι εν λόγω χρίζουν αποκομιδής τουλάχιστον 2-3 φορές την εβδομάδα, οι οποίες γίνονται 4 του θερμού μήνες του καλοκαιριού για να αποφευχθούν οι δυσάρεστες οσμές. Όπως αναφέρει τα ΤΣΔΑ, κάθε 1-2 ημέρες. Ταυτόχρονα, οι καφέ κάδοι κρίνεται απαραίτητο να καθαρίζονται σε πλυντήριο καθαρισμού κάδων τουλάχιστον μία φορά κάθε 15 ημέρες λόγω του προβλήματος που υπάρχει με τις οσμές του εσωτερικού αυτών.

Η τοποθέτηση λοιπόν των εν λόγω κάδων, πρόκειται να αυξήσει τις απαιτούμενες διαδρομές των οχημάτων αποκομιδής του δήμου, το οποίο συνεπάγεται αύξηση στα έξοδα της διαδικασίας αποκομιδής αλλά και στους ρύπος από τα απορριμματοφόρα οχήματα.

Ο σημαντικότερος παράγοντας στην πραγματικότητα, από όλους όσους αναφέρθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία κατά τα ως άνω κεφάλαια, είναι αυτός του κόστους των έξυπνων λογισμικών, συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, εκτός του αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης, την απάντηση σε τέτοιου είδους ερωτήματα καθορίζει κυρίως ο χρόνος

οικονομικής απόσβεσης της επένδυσης. Στη συνέχεια του εν λόγω κεφαλαίου πρόκειται να παρουσιαστεί μία υποθετική, αλλά με τη χρήση πραγματικών δεδομένων μελέτη περίπτωσης για το δήμο Αγίας Παρασκευής (Βόρεια Προάστια Αττικής). Τα δεδομένα αντλήθηκαν από το τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων του δήμου και η μελέτη περίπτωσης ουσιαστικά αναλύει το κόστος εγκατάστασης έξυπνων βυθιζόμενων κάδων, αισθητήρων πλήρωσης και κάδων τύπου Big Belly. Αναλύεται το αρχικό κόστος εγκατάστασης με βάση τα κόστη άλλων τέτοιου είδους εγκαταστάσεων στην Ελλάδα, ο χρόνος απόσβεσης αυτού, αλλά και τα ποσοστά εξοικονόμησης πρώτων υλών έκκρισης ρύπων.

## **6.2 Αλλαγές που προτείνει το Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ)**

Παρακάτω αναγράφονται οι προτάσεις του ΤΣΔΑ για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί για τα επόμενα χρόνια. Σε γενικές γραμμές προτείνεται ενίσχυση σε κάποια ρεύματα αποβλήτων από άποψη αριθμού των κάδων απορριμμάτων, προσθήκη χωριστής συλλογής των βιοαποβλήτων με πιλοτική τοποθέτηση καφέ κάδων και τέλος, οργανωμένη καμπάνια ευαισθητοποίησης και εκμάθησης των πολιτών στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων.

### **6.2.1 Καφέ κάδοι και σχέδιο δράσης βιοαποβλήτων**

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που προβλέπει το νομοθετικό πλαίσιο αναφορικά με την χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων, κρίνεται απαραίτητο ο δήμος να προμηθευτεί με τον ως κάτω εξοπλισμό που αναγράφεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 2: Ανάγκες του δήμου για εφαρμογή συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων.

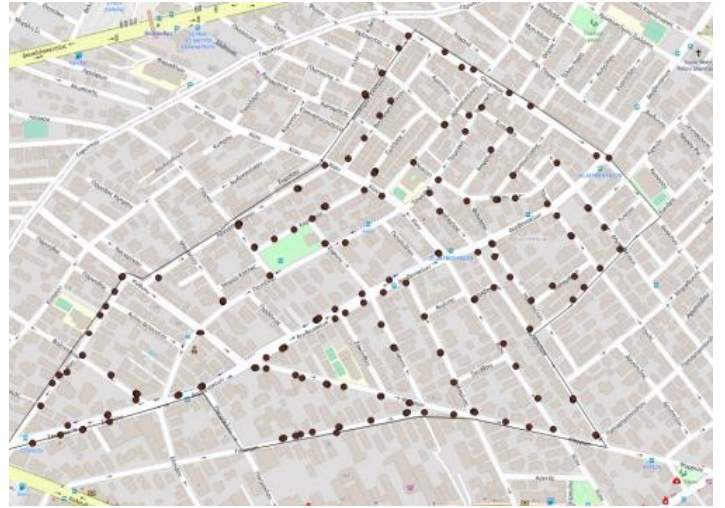
Είδος Εξοπλισμού / Προσωπικό	Αριθμός
<b>Πρόγραμμα ΔσΠ βιοαποβλήτων από οικίες και μεγάλους παραγωγούς</b>	
Βιοδιασπώμενες σακούλες περίπου 10 λίτρων <sup>25</sup>	1.420.020
Κάδος χωρητικότητας περίπου 10 λίτρων	26.000
Κάδος χωρητικότητας 240 lt (ή μεγαλύτερης) για οικίες	1.590
Κάδος χωρητικότητας 360 lt (ή μεγαλύτερης) για μεγάλους παραγωγούς	165
Κάδος χωρητικότητας 240 lt (ή μεγαλύτερης) για εκπαιδευτικές μονάδες	25
Απορριμματοφόρα 6-12 m <sup>3</sup>	9
Θέσεις Οδηγών Α/Φ	10
Θέσεις Εργατών Α/Φ	20
Καδοπλυντήρια	3
Θέσεις Οδηγών καδοπλυντηρίων	3
Θέσεις Εργατών καδοπλυντηρίων	6
<b>Πρόγραμμα οικιακής κομποστοποίησης</b>	
Οικιακός κομποστοποιητής της τάξης 200 - 300 λίτρων	1.000
<b>Πρόγραμμα ΔσΠ αποβλήτων κήπων και πάρκων</b>	
Φορητό με αρπάγη	2
Θέσεις Οδηγών φορητών	2
Θέσεις Εργατών φορητών	4
Κλαδοτεμαχιστής	2
Θέσεις χειριστών	2

Η αγορά και εγκατάσταση των παραπάνω πρόκειται να πραγματοποιηθεί σταδιακά. Προτείνεται το σχέδιο για την χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων να ξεκινήσει από τις περιοχές του Τσακού, του Κοντοπεύκου και του Αγίου Ιωάννη. Θα χρειαστεί να τοποθετηθούν περίπου 470 καφέ κάδοι βιοαποβλήτων στην περιοχή του Τσακού, 550 καφέ κάδοι στην περιοχή του Αγίου Ιωάννη, 190 καφέ κάδοι στην περιοχή του Κοντοπεύκου. Οι θέσεις των κάδων αυτών φαίνονται παρακάτω.

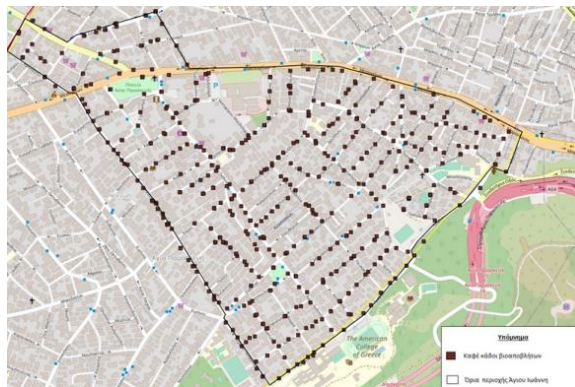




*Εικόνα 25: Πιλοτικοί καφέ κάδοι στην περιοχή Τσακού*



*Εικόνα 24: Πιλοτικοί καφέ κάδοι στην περιοχή του Κοντοπεύκου*



*Εικόνα 26: Πιλοτικοί καφέ κάδοι στην περιοχή Αγίου Ιωάννη*

Με την βοήθεια των ως άνω πιλοτικών εφαρμογών πρόκειται να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα του προγράμματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων στον δήμο Αγίας Παρασκευής, και αν το αποτέλεσμα είναι το αναμενόμενο, θα τοποθετηθούν σταδιακά σε όλη την έκταση του δήμου. Θα χρειαστούν 2 επιπλέον απορριμματοφόρα για την αποκομιδή των ως άνω καφέ κάδων.



### **6.2.2 Μπλε κάδοι συλλογής σύμμεικτων ανακυκλώσιμων**

Το ΤΣΔΑ αναφέρει ότι μετά από μελέτη για την μελλοντική αλλά και την παρούσα παραγωγή ΑΣΑ των πολιτών του δήμου, ο αριθμός μπλε κάδων που είναι ήδη εγκατεστημένοι, επαρκεί για την κάλυψη των απαιτήσεων. Από την άλλη, κρίνεται απαραίτητο να δοθεί έμφαση στην ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών.

### **6.2.3 Κάδοι χωριστής συλλογής γυαλιού (καμπάνες)**

Το ΤΣΔΑ αναφέρει ότι μετά από μελέτη για την μελλοντική αλλά και την παρούσα παραγωγή ΑΣΑ των πολιτών του δήμου, ο αριθμός των κάδων τύπου καμπάνας, δεν μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του δήμου. Ο δήμος θα χρειαστεί περίπου 65 νέους κάδους γυαλιού για να φτάσει συνολικά τους 100.

### **6.2.4 Κάδοι χωριστής συλλογής χαρτιού**

Το ΤΣΔΑ αναφέρει ότι μετά από μελέτη για την μελλοντική αλλά και την παρούσα παραγωγή ΑΣΑ των πολιτών του δήμου, ο αριθμός των κάδων χωριστής συλλογής χαρτιού δεν είναι επαρκής. Ο δήμος θα προμηθευτεί 100 νέους κίτρινους κάδους χωριστής συλλογής έντυπου χαρτιού. Θα χρειαστεί ένα ακόμη απορριμματοφόρο για την αποκομιδή αυτών.

### **6.2.5 Γωνίες ανακύκλωσης και πράσινα σημεία**

Ο δήμος θα προβεί στην δημιουργία τουλάχιστον 20 νέων σημείων-γωνιών ανακύκλωσης. Εκτός αυτού, προτείνεται η εγκατάσταση γωνιών ανακύκλωσης στα εκπαιδευτικά κέντρα τα οποία θα εκδηλώσουν ενδιαφέρον. Επιπλέον, τα πράσινα τα οποία είναι οργανωμένοι και εξοπλισμένοι χώροι ώστε ο πολίτης να έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει χωριστή ανακύκλωση ή να αφήσει χρησιμοποιημένα προϊόντα ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν, θεωρούνται σημεία μεγάλης σημασίας με βάση το ΤΣΔΑ. Προτείνεται λοιπόν η δημιουργία τουλάχιστον ενός τέτοιου σημείου στον δήμο και ενός κινητού πράσινου σημείου.

### **6.2.6 Οργανωμένο πλάνο ευαισθητοποίησης και εκμάθησης**

Το ΤΣΔΑ αναφέρει πως η στοχευμένη, οργανωμένη και μεθοδική ενημέρωση κρίνεται βασικός πυλώνας για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί. Στην συνέχεια αναφέρει ότι πρέπει να υπάρξει μία στοχευμένη καμπάνια η οποία θα διαρκέσει τουλάχιστον 1 έως 2 χρόνια, χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα πραγματοποιείται

συνεχής ενημέρωση σε όλες τους δυνατούς εκπαιδευτικούς κλάδους, αλλά ταυτόχρονα σε επαγγελματίες και στο γενικό κοινό.

### **6.3 Προτάσεις για τον Δήμο Αγίας Παρασκευής**

Παρακάτω πραγματοποιείται παρουσίαση της πρότασης που αφορά την ένταξη έξυπνων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων στον δήμο, και το αποτόπωμα αυτής, χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα.

#### **6.3.1 Αντικατάσταση συμβατικών κάδων με έξυπνους βυθιζόμενους**

Οι μεταλλικοί κάδοι χωρητικότητας 1100 λίτρων με πλαστικό καπάκι και ποδομοχλό, κοστίζουν περίπου 560 € ανά μονάδα, ενώ οι πλαστικοί κάδοι ίδιων προδιαγραφών κοστίζουν περίπου 330 € ανά μονάδα (Bins 2023). Ως δήμος προς μελέτη λήφθηκε η Αγία Παρασκευή Αττικής, η οποία όπως αναγράφεται στο τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων της, διαθέτει (Ε.Δ.Σ.Ν.Α. 2021):

- ➔ 1786 πράσινους κάδους των 1100 λίτρων για σύμμεικτα απόβλητα.
- ➔ 1015 μπλε κάδους των 1100 λίτρων για τα ανακυκλώσιμα.
- ➔ 38 κίτρινους κάδους χαρτιού των 1100 λίτρων.
- ➔ 34 κάδους γυαλιού τύπου καμπάνας.
- ➔ Επιπλέον, 30 γκρι για συλλογή μεταλλικών και πλαστικών συσκευασιών, 31 μωβ κάδους ρούχων,

Για τη συλλογή των απορριμμάτων από τους εν λόγω κάδους, ο δήμος διαθέτει:

- ➔ 12 Απορριματοφόρα για Αστικά Στερεά Απόβλητα.
- ➔ 4 Απορριματοφόρα για ανακυκλώσιμα.

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι πλαστικοί κάδοι που διαθέτει ο δήμος, κόστισαν γύρω στα 590.000 € οι πράσινοι κάδοι, 335.000 € οι μπλε, 24.000 € οι κάδοι χάρτινων και γυάλινων προϊόντων και 20.000 € οι υπόλοιποι (Bins 2023). Οι ως άνω τιμές αφορούν μόνο πλαστικούς κάδους χωρητικότητας 1100 λίτρων, οπότε επειδή υπάρχουν αρκετοί μεταλλικοί κάδοι, χωρίς όμως να αναφέρεται η ποσότητα αυτών, το πραγματικό νούμερο αναφορικά με το κόστος θα είναι υψηλότερο. Θεωρώντας όμως πως όλοι οι κάδοι που διαθέτει ο δήμος αυτή τη στιγμή είναι πλαστικοί, συνολικά για την αγορά

αυτών έχει ξοδέψει περίπου 1.000.000 €. Στην εξίσωση ωστόσο κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν υπόψιν και οι κάδοι που έχουν αντικατασταθεί επειδή πλέον δεν ήταν λειτουργικοί, το οποίο είναι σε γενικότερο πλαίσιο ένα μειονέκτημα των κάδων ου βρίσκονται στην επιφάνεια καθώς μπορούν να υποστούν ζημιές λόγω καιρικών συνθηκών ή και άλλων φαινομένων.

Εάν λοιπόν ο δήμος Αγίας Παρασκευής αποφάσιζε να αντικαταστήσει ακαριαία τους συμβατικούς κάδους του με βυθιζόμενους έξυπνους κάδους οι οποίοι θα διαθέτουν αισθητήρες πληρότητας και σύστημα συμπίεσης απορριμμάτων, οι αλλαγές στο οικονομικό κομμάτι, και όχι, μόνο φαίνονται παρακάτω. Η ως άνω αλλαγή συνεπάγεται τοποθέτηση 1015 ζευγαριών έξυπνων κάδων (Το παραπάνω συμβαίνει διότι σε κάθε σημείο θα έπρεπε να υπάρχουν δύο πράσινοι και ένας μπλε κάδοι. Επομένως ουσιαστικά θα υπήρχαν 1015 σημεία συμβατικών κάδων, αφού οι μπλε είναι περισσότεροι από τους μισούς των πράσινων.).

Με βάση μία έκθεση που έχει αναρτήσει ο δήμος Περάματος για την τοποθέτηση 3 τέτοιου είδους συστημάτων, η τιμή του κάθε συστήματος (το οποίο διαθέτει 2 κάδους οι οποίοι μπορούν να είναι οποιουδήποτε είδους επιθυμεί ο δήμος) μαζί με την τιμή εγκατάστασης ανέρχεται στα 59.000 € (Τ. Π. Έργων 2018). Η παραπάνω τιμή, ακόμα και αν περιλαμβάνει τα εργατικά, φαίνεται ιδιαίτερα υψηλή εν συγκρίσει με τις τιμές των εν λόγω κάδων από άλλες επενδύσεις στο εξωτερικό. Για λόγους ευκολίας και για να παρθεί ένα δείγμα κόστους εντός της χώρας, θα θεωρηθεί αυτή σαν τιμή αγοράς και εγκατάστασης κάθε ζευγαριού.

Από τους 2934 κάδους που διαθέτει συνολικά ο δήμος Αγίας Παρασκευής, οι κάδοι για το χαρτί, το γυαλί, και οι λοιποί κάδοι θα παραμείνουν ως έχουν, επομένως προς αντικατάσταση θεωρείται ότι είναι οι 2801 μπλε και πράσινοι που απομένουν. Όπως προαναφέρθηκε, πρόκειται να τοποθετηθούν 1015 ζευγάρια έξυπνων κάδων αυτοματοποιημένης συμπίεσης. Το ως άνω συνεπάγεται το κόστος των 57,855,000 €, δηλαδή 58 περίπου φορές ακριβότερο από το κόστος των συμβατικών κάδων. Με την πρώτη ματιά λοιπόν φαίνεται να είναι μια κίνηση που δεν συμφέρει όσο φιλικότερη προς το περιβάλλον και όσο πιο αποτελεσματική και αν είναι.

Αποτελεσματικότητα: Αναλύοντας όμως περαιτέρω το ως άνω σενάριο, φαίνεται πως είναι πιο περίπλοκο να φτάσει κανείς σε κάποιο συμπέρασμα. Αρχικά, με την τοποθεσία των εν λόγω κάδων και μέσω εφαρμογών με τις οποίες θα συνδέονται οι αισθητήρες πληρότητας, είναι σίγουρο ότι κάθε φορά που ένα απορριμματοφόρο θα περνάει για να πραγματοποιήσει τη συλλογή των αποβλήτων που περιέχει ένας κάδος, η στάθμη του θα βρίσκεται πάντα στο 100%. Το κέντρο ελέγχου λοιπόν που θα διαχειρίζεται αυτή την εφαρμογή, θα ειδοποιεί τους οδηγούς των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο για το ποιο κάδοι χρίζουν συλλογής των αποβλήτων τους. Συμπερασματικά, αυξάνεται σημαντικά η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των αποβλήτων αφού πλέον τα οχήματα δεν θα χρειάζεται να ελέγχουν τη στάθμη κάθε κάδου από τον οποίο περνούν.

Χωρητικότητα: Τα συστήματα Big One System, η αυτόματη συμπίεση που πραγματοποιούν οι έξυπνοι κάδοι αυξάνει πρακτικά τη χωρητικότητα τους κατά 8 φορές από τους συμβατικούς, ακόμα και αν ο όγκος τους είναι ίδιος (1100 λίτρα). Τα απορριμματοφόρα λοιπόν με τη σειρά τους θα αραιώσουν κατά πολύ τα δρομολόγια τους (Gepalift 2023).

Χρόνος Ζωής: Το μέρος της εγκατάστασης που βρίσκεται στην επιφάνεια είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτα υλικά, γεγονός που συνεπάγεται την ασφάλεια της εγκατάστασης από πιθανή διάβρωση ή ακόμα και καταστροφή αυτής. Το πρόβλημα στην προκειμένη περίπτωση που έχουν οι πλαστικοί συμβατικοί κάδοι, είναι ότι παρουσιάζουν ευαισθησία σε πολλούς εξωτερικούς παράγοντες όπως είναι οι ακραίες καιρικές συνθήκες, κάποια εστία φλόγας κτλ.

Εμφανής Χαμηλότερη Κατανάλωση Πόρων: Από τα παραπάνω λοιπόν, προκύπτει σημαντική μείωση των δρομολογίων που θα πραγματοποιούνται από τα απορριμματοφόρα. Ο συνδυασμός της πραγματικά δεκαπλάσιας χωρητικότητας και της γνώσης του ποσοστού πληρότητας των έξυπνων κάδων τους καθιστά ικανούς να παραμείνουν από 7 έως 12 ημέρες χωρίς να συλλεχθούν να απόβλητα που περιέχουν. Σε αυτό το σημείο είναι πλέον δυνατό να αντιληφθεί κανείς τη διαφορά που θα έκανε η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος.

Με την αντικατάσταση των συμβατικών κάδων με έξυπνους βυθιζόμενους, θα υπήρχε σημαντική μείωση στην συχνότητα των δρομολογίων η οποία θα αναλυθεί παρακάτω.

Οι πράσινοι κάδοι, όπως αναφέρει το ΤΣΔΑ, αδειάζονται καθημερινά από τα οχήματα αποκομιδής. Οι μέρες αποκομιδής θα θεωρηθούν 30. Από την στιγμή που ένας βυθιζόμενος κάδος αντιστοιχεί με 8 συμβατικούς, επομένως από την στιγμή που ο βυθιζόμενος θα αντικαταστήσει 2 πράσινους, θα είναι γεμάτος ανά 4 μέρες αντί για καθημερινά. Επιπροσθέτως, ο δεύτερος έξυπνος κάδος αντιστοιχεί με 8 μπλε κάδους των 1100 λίτρων, άρα θα χρίζει αποκομιδής κάθε 8 μέρες (θεωρήθηκε πως υπάρχει ένας μπλε κάδος σε κάθε σημείο αποκομιδής). Θεωρείται ότι αυτήν την στιγμή, σε κάθε ένα από τα σημεία αποκομιδής, υπάρχει 1.5 πράσινος κάδος λόγω της ελλιπούς οργάνωσης και χωροθέτησης των εν λόγω κάδων στον δήμο. Επομένως, από την στιγμή που ένας έξυπνος βυθιζόμενος αντιστοιχεί σε 8 συμβατικούς, αναλογικά είναι 5.3 φορές υψηλότερης χωρητικότητας από 1.5 πράσινο κάδο. Θα αδειάζεται λοιπόν κάθε 5.3 ημέρες θεωρητικά. Για λόγους πιθανής υποδιαστασιολόγησης των ως άνω στατιστικών που αφορούν τους κάδους και την αποκομιδή αυτών, θεωρείται ότι κάθε πράσινος βυθιζόμενος θα αδειάζεται κάθε 4 ημέρες, ενώ κάθε μπλε βυθιζόμενος θα αδειάζεται κάθε 6 μέρες. Συμπερασματικά θα υπάρξει μείωση 75% στα σύμμεικτα απορρίμματα και κατά 83.3% στα ανακυκλώσιμα αναφορικά με τα δρομολόγια των απορριματοφόρων. Στα σύμμεικτα πρακτικά η μείωση θα είναι μεγαλύτερη καθώς η ποσότητά τους θα μειωθεί με την χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων η οποία θα αναλυθεί παρακάτω.

Το ΤΣΔΑ Αγίας Παρασκευής αναφέρει ότι πραγματοποιούνται 2342 δρομολόγια για τα σύμμεικτα απορρίμματα κάθε χρόνο από έναν στόλο 10 οχημάτων. Βάση αυτού, και έπειτα από ερωτήσεις σε υπαλλήλους της διαδικασίας αποκομιδής, κάθε όχημα αδειάζει 280-300 κάδους ανά δρομολόγιο. Το ως άνω σημαίνει ότι κάποια από τα 10 οχήματα παραμένουν ακινητοποιημένα κάθε βράδυ, καθώς πραγματοποιούνται 7 περίπου δρομολόγια καθημερινά. Χρησιμοποιώντας την ως άνω λογική, και έπειτα από τις ερωτήσεις στους υπαλλήλους του δήμου, το ίδιο ισχύει και για τα ρεύματα των μπλε κάδων. Κάθε όχημα αδειάζει περίπου 280-300 κάδους ανά δρομολόγιο, το οποίο συνεπάγεται με 3.6 δρομολόγια καθημερινά αφού οι κάδοι είναι 1015. Το εν λόγω νούμερο δεν μπορεί να είναι δεκαδικό, αλλά υποδηλώνει τον μέσο όρο καθημερινών δρομολογίων για όλο το έτος και συμπερασματικά, τα δρομολόγια ανά έτος υπολογίζονται στα 1323. Με τις ως άνω μειώσεις (75% στα σύμμεικτα και 83.3% στα ανακυκλώσιμα), τα δρομολόγια για τα σύμμεικτα απορρίμματα θα μειωθούν από τα 2342/έτος σε 586/έτος, ενώ τα δρομολόγια των μπλε κάδων θα μειωθούν από τα

1323/έτος, στα 221/έτος. Επομένως από 3665 δρομολόγια ανά έτος, θα γίνονται 807 και θα εξοικονομούνται 182.000 €. Θεωρείται σταθερό κόστος παράδοσης στον ΧΥΤΑ καθώς τα απορρίμματα θα έχουν το ίδιο βάρος, το οποίο είναι και ο παράγοντας που καθορίζει το εν λόγω κόστος.

Τέλος, η μείωση των δρομολογίων που πραγματοποιούνται από τα οχήματα αποκομιδής συνεπάγεται και μείωση των ρύπων που εκκρίνονται από αυτά. Πιο συγκεκριμένα, στο τοπικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων της Αγίας Παρασκευής έχει πραγματοποιηθεί ένας υπολογισμός των ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα και γενικότερα αερίων του θερμοκηπίου που εκκρίνονται από την κατανάλωση καυσίμου των απορριμματοφόρων. Για να υπολογισθούν λοιπόν οι ως κάτω ποσότητες, η κατανάλωση καυσίμου πολλαπλασιάστηκε με τους κατάλληλους συντελεστές και τα τελικά νούμερα είναι σε μορφή ισοδύναμων τιμών με το διοξείδιο του άνθρακα. Τα 100.000 λίτρα πετρελαίου λοιπόν αντιστοιχούν σε 286 tCO<sub>2</sub>eq / έτος και τα 33.400 λίτρα υγραερίου κίνησης σε 59 tCO<sub>2</sub>eq / έτος, δίνοντας συνολικά 345 tCO<sub>2</sub>eq / έτος που αφορούν την έκκριση από την διαδικασία αποκομιδής των σύμμεικτων αποβλήτων. Προσεγγιστικά, από την στιγμή που δεν αναφέρεται στο τοπικό σχέδιο, και με βάση τα δρομολόγια που πραγματοποιούν τα οχήματα αποκομιδής των μπλε κάδων συγκριτικά με τους πράσινους. Για την κατανάλωση καυσίμου των 4 οχημάτων, θεωρήθηκε πως αφού τα 8 από τα 10 οχήματα των σύμμεικτων ΑΣΑ είναι πετρελαιοκίνητα και καταναλώνουν 100,000 λίτρα ανά έτος, τα 4 οχήματα αποκομιδής ανακυκλώσιμων θα καταναλώσουν περίπου την μισή ποσότητα, δηλαδή 50,000 λίτρα πετρελαίου. Συμπερασματικά θα παράξουν 143 tCO<sub>2</sub>eq, δεδομένου ότι κάθε όχημα πραγματοποιεί τον ίδιο σχεδόν αριθμό δρομολογίων ανά έτος. Χοντρικά αν αναλογιστεί κανείς τη μείωση των δρομολογίων κατά 75%, οι νέες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την κατανάλωση των ως άνω καυσίμων που αφορούν τα σύμμεικτα ΑΣΑ θα είναι επίσης μειωμένες κατά 75%, δηλαδή 86.25 tCO<sub>2</sub>eq / έτος. Αντίστοιχα, η παραγωγή των οχημάτων αποκομιδής των μπλε κάδων θα μειωθεί από 143 tCO<sub>2</sub>eq, σε 23.8 tCO<sub>2</sub>eq / έτος. Το παραπάνω στατιστικό δείχνει πόσο φιλικότερες προς το περιβάλλον είναι τέτοιου είδους τεχνολογίες, κάτι το οποίο κρίνεται απαραίτητο βάσει των στόχων που έχουν τεθεί όχι μόνο στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή ένωση, αλλά γενικότερα σε όλο τον κόσμο.

Όσο ελκυστικό και αν είναι το ως άνω σενάριο ακαριαίας αλλαγής όλου του συστήματος κάδων και ίσως ο ταυτόχρονος εκσυγχρονισμός των οχημάτων αποκομιδής, είναι οικονομικά ασύμφορο. Πιο αναλυτικά, για να πραγματοποιηθεί απόσβεση μίας επένδυσης συνολικής αξίας 57,855,000 € και ένα κόστος συντήρησης 5% για αλλαγές μπαταριών κτλ, επομένως συνολικό κόστος επένδυσης 61.000.000 €, θα έπρεπε να περάσει ένα μη ρεαλιστικό χρονικό διάστημα που τα εκατοντάδων χρόνων (συγκεκριμένα περίπου 330 χρόνια). Ίσως να ήταν λίγο μικρότερο αυτό το χρονικό διάστημα λόγω της συχνής αντικατάστασης των απλών συμβατικών κάδων, και λογικά τον μικρότερο αριθμό βυθιζόμενων κάδων που θα χρειαζόταν να τοποθετηθούν καθώς έχουν ιδιαίτερα αυξημένη χωρητικότητα λόγω της αυτόματης συμπίεσης. Από την άλλη, οι κάδοι θα ήταν δύσκολο να είναι κατά σημαντικό αριθμό λιγότεροι, καθώς έτσι θα απαιτούνταν από τους πολίτες να πραγματοποιούν μεγαλύτερες διαδρομές μέχρι αυτούς και εκτός αυτού έχουν συνηθίσει τα σημεία απόρριψης να είναι κοντά στην οικία τους. Δυστυχώς, ο χρόνος απόσβεσης της παραπάνω εγκατάστασης έξυπνων βυθιζόμενων κάδων αυτόματης συμπίεσης, δεν θα έφτανε ποτέ ένα νούμερο στα χρόνια απόσβεσης της επένδυσης που θα την έκανε χρηματικά ελκυστική.

### **6.3.2 Εγκατάσταση αισθητήρων πλήρωσης στους ήδη υπάρχοντες συμβατικούς κάδους**

Εκτός της αγοράς βυθιζόμενων κάδων ή άλλου τέτοιου είδους συστημάτων τα οποία είναι ακόμη ιδιαίτερα ακριβά, είναι δυνατή η τοποθέτηση των προαναφερθέντων αισθητήρων πληρότητας στους ήδη υπάρχοντες συμβατικούς κάδους. Με αυτόν τον τρόπο από τη στιγμή που το κέντρο ελέγχου θα γνωρίζει το ποσοστό πληρότητας κάθε κάδου της περιοχής κοιτώντας την αντίστοιχη εφαρμογή, θα προγραμματίζονται αναλόγως τα δρομολόγια που θα πραγματοποιούν τα οχήματα αποκομιδής. Σε αυτό το σενάριο, είναι σίγουρο πως δεν θα επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμων της τάξης του 75% ή του 83.3%, όπως φάνηκε στο ως άνω σενάριο των έξυπνων βυθιζόμενων κάδων αυτοματοποιημένης συμπίεσης, αλλά από την άλλη, είναι γεγονός πως θα υπάρξει κάποια μείωση, ακόμα και αν είναι μικρότερης κλίμακας, η οποία συνεπάγεται και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Πραγματοποιείται λοιπόν μία προσεγγιστική μελέτη αναφορικά με την εύρεση του ποσοστού μείωσης των δρομολογίων. Θα χρειαστεί αρχικά η μέση κατανάλωση κάθε



πολίτη ανά έτος, η οποία είναι ανέρχεται στα 525 κιλά. Καθημερινά λοιπόν, κάθε Έλληνας πολίτης παράγει περίπου 1.43 κιλά αποβλήτων. Στην ΤΣΔΑ, παρουσιάζεται ημερήσια κατανάλωση κατοίκου της Αγίας Παρασκευής στα 1.24 κιλά ανά ημέρα.

Αν λοιπόν αναλογιστεί κανείς ότι η Αγία Παρασκευή απαρτίζεται από 62.147 κατοίκους στην τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε το 2022, και διαθέτει περίπου 3000 κάδους, είναι εύλογο να θεωρηθεί πως κάθε κάδος αντιστοιχεί σε 21 περίπου κατοίκους. Ο ως άνω αριθμός κατοίκων παράγει ημερησίως 26.4 κιλά αποβλήτων. Σε αυτό το σημείο κρίνεται λάθος να πραγματοποιηθεί αντιστοιχία κιλών σε λίτρα, καθώς είναι πιθανό ένα απόβλητο βάρους 10 κιλών να καταβάλει πολύ περισσότερο όγκο εντός του κάδου απορριμμάτων. Από την άλλη, είναι σχεδόν σίγουρο ότι με παραγωγή 30 κιλών αποβλήτων καθημερινά, οι κάδοι της Αγία; Παρασκευής δεν χρίζουν καθημερινής αποκομιδής, όπως γίνεται αυτή τη στιγμή. Πράγματι, μετά από ερωτήσεις σε υπαλλήλους του δήμου Αγίας Παρασκευής, οι μπλε κάδοι είναι κατά μέσο όρο 35% πλήρεις κάθε βράδυ που αδειάζονται, ενώ οι πράσινοι κατά 70%. Επομένως, οι μπλε κάδοι θα μπορούσαν να αδειάζονται κάθε περίπου 2,8 ημέρες ενώ οι πράσινοι κάθε 1,3 ημέρες. Το ως άνω υποδεικνύει μείωση έως και 65% στα δρομολόγια των μπλε κάδων και μείωση έως και 23% στα δρομολόγια των πράσινων αντίστοιχα. Τα δρομολόγια των μπλε λοιπόν θα γινόντουσαν 595, ενώ των πράσινων θα γινόντουσαν 1803, δίνοντας συνολικά 2398 δρομολόγια ανά έτος, έναντι των 3665. Συμπερασματικά, θα σημειωνόταν μείωση της τάξης του 35% στα δρομολόγια ετησίως, η οποία συνεπάγεται 80.000 € λιγότερα έξοδα ανά έτος για τα καύσιμα και τα διόδια (από τα 233.378 €/ έτος).

Με την τοποθέτηση αισθητήρων πληρότητας, ακόμα και αν απλά επιτευχθεί το γεγονός να αδειάζεται κάθε κάδος ανά δύο ή τρεις μέρες, θα υπάρξει σημαντική μείωση δρομολογίων, εκπομπών καυσαερίων, και δαπάνης χρημάτων. Υπάρχουν πολλών ειδών αισθητήρες πληρότητας που τοποθετούνται και σε απλούς συμβατικούς κάδους. Μπορούν να διαθέτουν δύο ή τέσσερα «μάτια» και παράγονται με ή χωρίς GPS. Οι τιμές των εν λόγω αισθητήρων ξεκινούν από 200-220 € αλλά οι πιο αξιόλογοι που διαθέτουν και GPS, κοστίζουν περίπου 300 €. Ακόμα λοιπόν και αν τοποθετηθούν αισθητήρες σε κάθε κάδο του δήμου, θα είναι μία επένδυση της τάξης των 880.000 € (2.934 κάδοι). Προστίθεται ένα κόστος συντήρησης 5% για αλλαγές μπαταριών κτλ,



επομένως συνολικό κόστος επένδυσης στα 84.000 €. Η απόσβεση της επένδυσης θα γίνει σε περίπου 11 χρόνια, τα οποία κρίνονται ιδιαίτερα ικανοποιητικά.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, ένα οικονομικά βιώσιμο και ρεαλιστικό πλάνο θα ήταν οι τοποθέτηση αισθητήρων στους συμβατικούς κάδους, αν όχι σε όλους, σίγουρα στην πλειοψηφία αυτών με την ταυτόχρονη σταδιακή αντικατάσταση των συμβατικών κάδων με έξυπνους βυθιζόμενους αυτόματης συμπίεσης, ξεκινώντας από τα κεντρικά σημεία του δήμου (πλατείες κτλ.). Σταδιακά λοιπόν, με θεμέλιο ένα αξιόπιστο σύστημα αποκομιδής αφού πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση των αισθητήρων πληρότητας, θα αντικαθίστανται οι συμβατικού κάδοι με έξυπνους, μειώνοντας ακόμα περισσότερο το κόστος της διαχείρισης αποβλήτων αλλά και τους ρύπους και συγκεκριμένα τα αέρια του θερμοκηπίου (Σ. Π. Έργων 2020).

### **6.3.3 Εγκατάσταση κάδων τύπου BigBelly**

Οι κάδοι BigBelly, όπως αναφέρθηκε και στο 3ο κεφάλαιο της εργασίας, έχουν την ικανότητα να μειώσουν τα δρομολόγια των οχημάτων αποκομιδής έως και 80% συγκριτικά με τους συμβατικούς κάδους. Εκτός αυτού, η εταιρία που παράγει τους εν λόγω κάδους αναφέρει ότι μειώνονται τα κόστη της διαδικασίας διαχείρισης αποβλήτων (του συγκεκριμένου σταδίου) κατά 75% ενώ παρατηρείται σημαντική ελάττωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Οι εν λόγω κάδοι δεν θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς κάδους λόγω της μικρού μεγέθους εισόδου των αποβλήτων σε αυτούς. Ωστόσο τέτοιου είδους κάδοι είναι διαμορφωμένοι για να αντικαθιστούν τους μικρούς κάδους που υπάρχουν εκτός των συμβατικών 1100 λίτρων, π.χ. σε πλατείες, πάρκα, κτλ.

‘Όπως αναφέρει ο δήμος Αγίας Παρασκευής «Ο Δήμος Αγίας Παρασκευής και η Διεύθυνση καθαριότητας, σε μια προσπάθεια αναβάθμισης της παροχής των υπηρεσιών της προς τους δημότες, προχώρησε στην τοποθέτηση νέων κάδων απορριμμάτων 75 λίτρων σε πλατείες και κεντρικούς δρόμους της πόλης. Οι νέοι κάδοι, αντικαθιστούν τους μικρούς σε χωρητικότητα υφιστάμενους κάδους που δημιουργούσαν πρόβλημα.» Αντί λοιπό για την εγκατάσταση κάδων 75 λίτρων, θα μπορούσαν να εγκατασταθούν κάδοι 570 λίτρων με δυνατότητα 5 συμπίεσεων,

αυξάνοντας κατά πολύ την συχνότητα αποκομιδής των μικρών κάδων που προαναφέρθηκαν, και εκτός αυτού θα μπορούσαν να είναι μέρος της στοχευμένης καμπάνιας που έχει σκοπό να πραγματοποιήσει ο δήμος με στόχο την ευαισθητοποίηση και εξοικείωση των πολιτών με τέτοιου είδους συστήματα.



*Εικόνα 27: Κάδος Big Belly και λειτουργίες αυτού*

Οι κάδοι αυτοί τροφοδοτούνται από εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό στο επάνω μέρος τους. Έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες πλήρωσης ώστε να είναι γνωστή σε πραγματικό χρόνο η στάθμη των αποβλήτων αλλά και για να μπορεί να πραγματοποιείται η αυτόματη συμπίεση όταν αυτά φτάσουν την επιθυμητή στάθμη.

Δεν κρίνεται ορθό να υπολογισθεί κάποιο χρηματικό ποσό που εξοικονομείται από την μείωση των δρομολογίων των οχημάτων αποκομιδής, καθώς ο τρόπος αυτής δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται με τα ήδη υπάρχοντα οχήματα ή μεθόδους. Επομένως, οι κάδοι BigBelly προτείνονται ως αναβάθμιση των υπολοίπων κάδων εκτός αυτών που παίζουν σημαντικό ρόλο στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, με στόχο:

- 1) Την εξοικονόμηση χώρου καθώς έχουν 7.5 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα χωρίς να υπολογισθούν οι 5 συμπίεσεις που πραγματοποιούν. Το παραπάνω συνεπάγεται δεκάδες φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα από τους μικρούς συμβατικούς.
- 2) Ωραιοποίηση των σημείων όπου εγκαθίστανται οι εν λόγω κάδοι και δυνατότητα επιγραφής της επιλογής του δήμου πάνω σε αυτούς ανάλογα την τοποθεσία που βρίσκονται ώστε να ταιριάζουν με το περιβάλλον.
- 3) Στόχος είναι περισσότερο η ευαισθητοποίηση του κοινού παρά η εξοικονόμηση χρημάτων.
- 4) Οι συμβατικοί κάδοι χρειάζονται πιο συχνά αντικατάσταση καθώς το πλαστικό υλικό είναι πιο ευαίσθητο όσον αφορά είτε τα καιρικά φαινόμενα είτε την ανθρώπινη παρέμβαση. Δεν είναι απαραίτητο για τα συνεργία καθαρισμού να δίνουν μεγαλύτερη και συχνότερη έμφαση με σημεία με συμβατικούς κάδους τα οποία έχουν υπερχειλίσει με αποτέλεσμα να χρίζουν απολύμανσης.

Ένα ακόμη πρόβλημα είναι ίσως ότι θα υπάρχουν αντικείμενα τα οποία δεν θα χωράνε να περάσουν από την είσοδο των κάδων αυτών. Επομένως είναι αναγκαίο να υπάρχει κάποιο άλλο σύστημα κάδων που θα μπορεί να δέχεται αντικείμενα μεγαλύτερου όγκου.

#### **6.3.4 Κινητό πράσινο σημείο χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων**

Ως κινητό πράσινο σημείο, «ορίζεται το αυτοκινούμενο ή ρυμουλκούμενο όχημα, το οποίο διαθέτει ξεχωριστά μέσα συλλογής, όπως κάδοι ή container για κάθε επιμέρους υλικό που συλλέγεται.» (S.A. 2023).

Με την μέθοδο της αποκομιδής πόρτα-πόρτα επιτυγχάνεται η αποφυγή της εγκατάστασης επιπλέον κάδων στους δρόμους του δήμου για τα νέα ρεύματα χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων, και εκτός αυτού, η αγορά νέων απορριμματοφόρων για την εν λόγω συλλογή, όπως αναφέρει το ΤΣΔΑ. Ένα έξυπνο κινητό πράσινο σημείο λοιπόν, σημαίνει ένα όχημα με τον οδηγό να έχει πρόσβαση σε μία εφαρμογή την οποία θα χρησιμοποιούν και οι πολίτες, μέσω της οποίας θα μπορούν να προγραμματιστούν οι χρόνοι συλλογής από τις οικίες τους, εφόσον είναι γεμάτος ο κάδων που τους έχει δοθεί

από τον δήμο για τα βιοαπόβλητα. Υπάρχουν ήδη στην αγορά τέτοιου είδους εφαρμογές όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως στην παρούσα εργασία. Όπως αναφέρεται στο ΤΣΔΑ, ο δήμος διαθέτει κινητό πράσινο σημείο για ανακυκλώσιμα και επαναχρησιμοποιούμενα υλικά, του οποίου η λειτουργία όμως αναστάλη λόγω της πανδημίας του κορονοϊού. Όπως επίσης αναφέρεται στο ΤΣΔΑ, πέρα της καινοτομίας μίας τέτοιας κίνησης, κύριο πλεονέκτημα ενός τέτοιου είδους μέσου, είναι η ευαισθητοποίηση και η ενημέρωση των πολιτών. Εκτός αυτού οι ίδιοι μπορούσαν να έχουν μία ανταποδοτική κάρτα μέσω της οποίας είχαν εκπτώσεις έως 20% σε μαγαζιά κεντρικού δρόμου της Αγίας Παρασκευής. Επομένως, αφού η ιδέα έχει δοκιμαστεί και στο παρελθόν και είναι λειτουργική, υπάρχει δυνατότητα επιστροφής του κινητού πράσινου σημείου, είτε με νέα κατηγορία συλλογής, τα βιοαπόβλητα, είτε η ύπαρξη πολλών ρευμάτων συλλογής. Πρακτικά, με μία τέτοια εφαρμογή, είτε πολλών ρευμάτων είτε ενός, συμβαίνουν τα εξής (Ventosa 2011):

- 1) Υπάρχει αύξηση στον χρόνο της διαδικασίας αποκομιδής λόγω ύπαρξης κάδου σε κάθε νοικοκυριό, αλλά πρακτικά μειώνεται ο χρόνος συλλογής των κάδων στους δρόμους καθώς αργούν να γεμίσουν (χρειάζεται εγκατάσταση αισθητήρων πλήρωσης για να υφίσταται το παραπάνω).
- 2) Πλήρης εξάλειψη της επιπλέον οικονομικής επιβάρυνσης η οποία προκύπτει από την συντήρηση και αντικατάσταση των κάδων στους δρόμους.
- 3) Το πλάνο της συλλογής πόρτα-πόρτα έχει μικρότερα και πιο απλά οχήματα συλλογής, το οποίο απευθείας συνεπάγεται λιγότερα έξοδα σε καύσιμα και λιγότερα έξοδα σε συντήρηση. Τέλος, τέτοιου είδους οχήματα είναι σίγουρα φθηνότερα από ένα συμβατικό απορριμματοφόρο.
- 4) Μειωμένο κόστος διαχείρισης των σύμμεικτων ανακυκλώσιμων καθώς θα υπάρχουν μικρές μόνο ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων σε αυτά λόγω χωριστής συλλογής (Για χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων).
- 5) Είναι η κατάλληλη βάση για εφαρμογή της νοοτροπίας πληρώνω όσο πετάω.

Οι δήμοι της περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, θα προμηθευτούν 2 κινητά πράσινα σημεία τα οποία εκτός από την χωριστή συλλογή 4 ρευμάτων, θα έχουν και εκπαιδευτικό χαρακτήρα. Το παραπάνω σχέδιο συνοδεύεται από μία πλατφόρμα που θα αποθηκεύει και θα επεξεργάζεται δεδομένα, και θα είναι ανοιχτή προς τους

πολίτες ώστε να τους παρέχεται η δυνατότητα να ενημερώνουν ή να ενημερώνονται για την διέλευση των οχημάτων (Μακεδονίας 2020).

### 6.3.5 Συμπέρασμα

Κρίνεται απαραίτητο να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, ότι η αντικατάσταση του 100% των συμβατικών κάδων με έξυπνους κάδους δεν είναι απαραίτητη, και το πρόβλημα λύνεται σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό με την αντικατάσταση ενός καλού ποσοστού αυτών. Το σενάριο αντικατάστασης του συνόλου των κάδων απλά λειτουργεί ως βοήθημα στους μαθηματικούς υπολογισμούς ώστε να παρουσιαστούν τα οικονομικά δεδομένα. Όπως φαίνεται και από τις 3 ως άνω μελέτες περιπτώσεων, το πιο ρεαλιστικό σενάριο είναι αρχικά η τοποθέτηση αισθητήρων πληρότητας στο σύνολο των ήδη υπάρχοντων συμβατικών κάδων, επένδυση ύψους 1.000.000 € που είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί αν όχι ακαριαία, τότε σχετικά γρήγορα. Έπειτα από αυτό το βήμα, ξεκινάει η σταδιακή αντικατάσταση των μικρών κάδων με τους κάδους BigBelly, ώστε να εισαχθεί η έννοια της έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων αλλά επίσης να μειωθεί σημαντικά η συχνότητα αποκομιδής τέτοιου είδους κάδων και να βελτιωθεί γενικότερα οπτικά αλλά και περιβαλλοντικά η κατάσταση του δήμου. Τέλος, σε ιδιαίτερα κεντρικά σημεία, προτείνεται η εγκατάσταση έξυπνων βυθιζόμενων κάδων αυτόματης συμπίεσης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξημένες ποσότητες αποβλήτων των εν λόγω σημείων και να διατηρούν τις χαμηλές συχνότητες των δρομολογίων που θα εκτελούνται από τα απορριμματοφόρα όσο σταδιακά θα πραγματοποιείται γενικότερα η αντικατάσταση των συμβατικών ανά τα χρόνια. Από τις δράσεις που θα λάβει ο δήμος απαραίτητο κρίνεται να μην απουσιάζουν οι οργανωμένες καμπάνιες που αποσκοπούν στην εκμάθηση και ευαισθητοποίηση του κοινού.

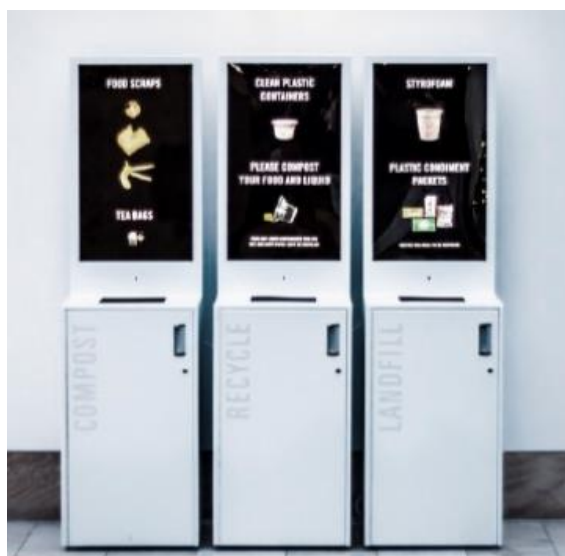
Πίνακας 3: Υφιστάμενη κατάσταση και προτάσεις

Υφιστάμενη Κατάσταση	Πρόταση Τ.Σ.Δ.Α.	Πρόταση Παρούσας Διπλωματικής
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ικανοποιητικός Αριθμός μπλε και πράσινων συμβατικών κάδων.</li> <li>• Ανάγκη ενίσχυσης ρευμάτων έντυπου χαρτιού και γυαλιού.</li> <li>• Απουσία κάποιας καμπάνιας εκμάθησης &amp; ευαισθητοποίησης των πολιτών.</li> <li>• Ανάγκη σωστής Χωροταξίας των κάδων στους δρόμους του δήμου.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αγορά 100 νέων Κίτρινων συμβατικών κάδων έντυπου χαρτιού και 65 κάδων τύπου καμπάνας χωριστής συλλογής γυαλιού.</li> <li>• Πιλοτική Τοποθέτηση 1210 καφέ κάδων σε 3 περιοχές του δήμου.</li> <li>• Οργανωμένη Καμπάνια ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού αναφορικά με την διαχείριση αποβλήτων.</li> <li>• Τοποθέτηση 20 νέων γωνιών ανακύκλωσης.</li> <li>• Τουλάχιστον ένα πράσινο/ κινητό πράσινο σημείο.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εγκατάσταση αισθητήρων πλήρωσης σε όλους τους συμβατικούς κάδους του δήμου.</li> <li>• Αντικατάσταση των συμβατικών κάδων με έξυπνους βυθιζόμενους αυτοματοποιημένης συμπίεσης, ξεκινώντας από τα κεντρικά σημεία του δήμου.</li> <li>• Σταδιακή Αντικατάσταση των μικρών συμβατικών καλαθιών-κάδων 75 λίτρων με έξυπνους μικρούς κάδους αυτοματοποιημένης συμπίεσης.</li> <li>• Πόρτα-πόρτα αποκομιδή των βιοαποβλήτων μέσω έξυπνου κινητού πράσινου σημείου και χρήση εφαρμογής από τους πολίτες.</li> <li>• καμπάνιες ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης.</li> </ul>

## 6.4 Μελέτη περίπτωσης πανεπιστημιούπολης Αρχαίου Ελαιώνα Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Τα πανεπιστήμια είναι ιδανικό σημείο εφαρμογής πιλοτικών προγραμμάτων έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων καθώς αναπαριστούν μία μικρών διαστάσεων πόλη, έχοντας υψηλό αριθμό και διαφορετικό τύπο κτηρίων και απαρτίζονται από ανθρώπους με διαφορετικού τύπου απασχόληση, όπως καθηγητές, φοιτητές, τεχνικούς, κτλ. (Edoardo Longo 2021). Στο σημείο αυτό θα πραγματοποιηθεί μία μελέτη εγκατάστασης κάδων όπως αυτοί της εταιρίας EVOECO, ονομαζόμενοι *eno bin*. Πρόκειται για μία τριάδα έξυπνων κάδων που στο πάνω μέρος καθενός από αυτούς υπάρχει μια οθόνη η οποία περνάει μηνύματα εκμάθησης και προσωποποιημένα μηνύματα κάθε φορά που απορρίπτεται ένα απόβλητο σε αυτούς.

Τέτοιου είδους συστήματα αποτελούν εργαλεία ευαισθητοποίησης αλλά και εκμάθησης της σωστής νοοτροπίας απόρριψης των αποβλήτων στους πολίτες. Τοποθετώντας τα εν λόγω συστήματα κάδων σε εκπαιδευτικά ιδρύματα δίνει την δυνατότητα διαπαιδαγώγησης από σχετικά μικρή ηλικία των φοιτητών η οποία εν τέλει θα γίνει νοοτροπία, εξασφαλίζοντας έτσι την ύπαρξη περισσότερων πολιτών που συμβάλλουν σε τέτοιου είδους αναβαθμίσεις των πόλεων. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω στην παρούσα διπλωματική, ένας από τους πυλώνες της έξυπνης πόλης είναι η «έξυπνη νοοτροπία» των πολιτών τους.



Εικόνα 28: Κάδος *Evo Bin* (EvoEco 2023)

Παρακάτω παρουσιάζονται τα σημεία που είναι δυνατό να τοποθετηθούν οι συγκεκριμένοι κάδοι στην πανεπιστημιούπολη του αρχαίου Ελαιώνα με βάση τον διαδραστικό χάρτη του πανεπιστημίου (ΠΑ.Δ.Α 2023).

Τα πράσινα σημεία υποδηλώνουν την τοποθεσία των κάδων που προαναφέρθηκαν. Σκοπός είναι αυτοί να τοποθετηθούν σε κεντρικά σημεία, χωρίς δηλαδή να αποσυρθούν οι κάδοι που υπάρχουν π.χ. στις αίθουσες διαλέξεων. Το ως άνω αποσκοπεί την ύπαρξη ενός κάδου σε κάθε κεντρικό σημείο από το οποίο παρατηρείται διέλευση μεγάλου αριθμού φοιτητών καθημερινά. Τέτοια σημεία θα θεωρηθούν οι είσοδο των κτηρίων, και οι μεγάλοι σε διαστάσεις κεντρικοί χώροι. Οι κάδοι τοποθετούνται μονάχα στους χώρους του ισογείου για οικονομικούς λόγους αλλά και χάρη του πιλοτικού για αρχή προγράμματος.

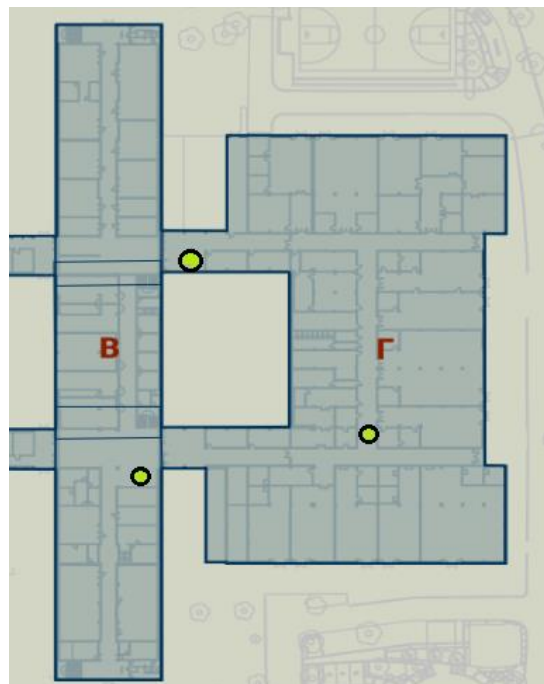


*Εικόνα 29: Κτήριο A και Βιβλιοθήκη*

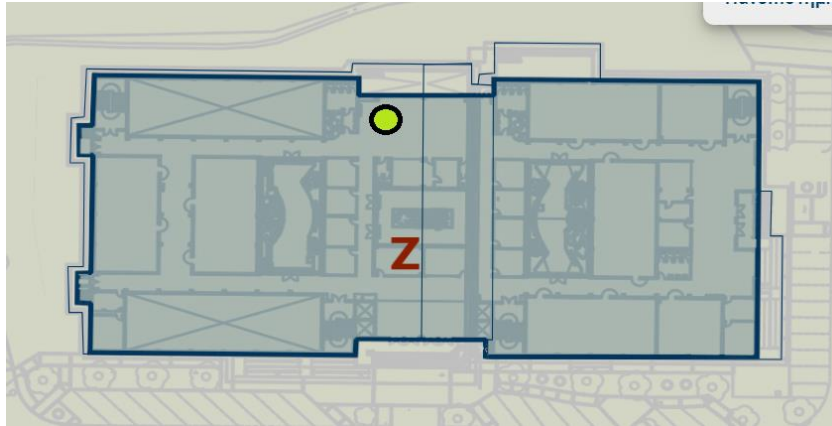




*Εικόνα 30: Κτήριο Α, Συνεδριακό Κέντρο & Τεχνική Υπηρεσία*



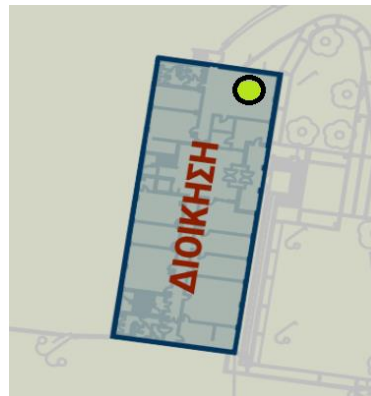
*Εικόνα 31: Κτήρια Β & Γ*



*Εικόνα 32: Κτήριο Z*



*Εικόνα 33: Κτήριο E & Εστιατόριο*



*Εικόνα 34: Διοίκηση*

Στις ως άνω εικόνες παρουσιάζονται οι 11 κάδοι που προτείνεται να τοποθετηθούν στους κεντρικούς χώρους της πανεπιστημιούπολης. Εκτός αυτών, προτείνεται η τοποθέτηση ενός ακόμα στον χώρο της αυλής έξω από το κτήριο A που θεωρείται και η κεντρική αυλή της σχολής. Επομένως προτείνεται να εγκατασταθούν συνολικά 12

κάδοι στην πανεπιστημιούπολη οι οποίοι με βάση την εταιρία, αν αγοράζονταν από αυτή, θα κόστιζαν 120.000 (10.000 ανά μονάδα), προφανώς χωρίς να υπολογίζονται πιθανές εκπτώσεις λόγω της μαζικής αγοράς. Σε τέτοιου τύπου κάδους υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας των μηνυμάτων που θα αναγράφονται στις οθόνες, το οποίο συνεπάγεται την ύπαρξη δυνατότητας της διοίκησης να αποφασίσει το περιεχόμενο τους αναφορικά πάντα με την διαχείριση αποβλήτων.

Εικόνα 35: Μηνύματα κάδου Evo Bin (EvoEco 2023)



Όπως έχει αναφερθεί ποικίλες φορές στην παρούσα διπλωματική, βασική προϋπόθεση ώστε να πραγματοποιείται χωριστή συλλογή των αποβλήτων είναι να επιτευχθεί η αλλαγή νοοτροπίας και αντιμετώπισης των πολιτών ως προς το θέμα, ταυτόχρονα με την αναβάθμιση του συστήματος και την ένταξη των έξυπνων συστημάτων σε αυτό. Τέλος, οι συγκεκριμένοι κάδοι συνοδεύονται από μία πλατφόρμα μέσω της οποίας παρέχουν δεδομένα αναφορικά με τα απόβλητα τα οποία δέχονται καθημερινά αναγράφοντας τα ποσοστά, το είδος, κτλ.

## Κεφάλαιο 7ο: Συζήτηση, Συμπεράσματα και προτάσεις

Όπως λοιπόν αναφέρθηκε τόσο στην εισαγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όσο και στη συνέχεια αυτής, όσο ο πληθυσμός του πλανήτη συνεχίζει να αυξάνεται, και μάλιστα ραγδαία, τόσο θα συνεχίζει να αυξάνεται και η ετήσια παραγωγή αποβλήτων ανά τον κόσμο, γεγονός το οποίο συνεπάγεται την ανάλογη αύξηση απαιτήσεων από τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.

Για παράδειγμα, κατά μέσο όρο, κάθε Αμερικάνος πολίτης παρήγαγε το 2018 2.22 κιλά απόβλητα ανά ημέρα, συγκριτικά με τα 1.21 κιλά ανά ημέρα που παρήγαγε το 1960 με βάση την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (Tiseo 2023). Γενικότερα, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής παρήγαγαν το 2018 292.4 εκατομμύριους τόνους αστικών αποβλήτων, συγκριτικά με τους 88.1 που παρήγαγαν το 1960. Ο πληθυσμός της Αμερικής έχει υπερδιπλασιαστεί από το 1950 μέχρι την τελευταία μέτρηση το 2014, καθώς από περίπου 151 εκατομμύρια έχει φτάσει τα 317 περίπου εκατομμύρια.

Στην Ελλάδα, το 2019 η παραγωγή αποβλήτων ανά κεφαλή έφτασε τα 524 κιλά ετησίως, συγκριτικά με τα 515 που παρήχθησαν κατά κεφαλή το 2018, σημειώνοντας έτσι αύξηση 1.7% μέσα σε μόλις ένα χρόνο. Ωστόσο, από το 1995 έχει αυξηθεί κατά 72.9% καθώς η τότε παραγωγή αποβλήτων κατά κεφαλή υπολογίζεται στα 303 κιλά ετησίως. (Εκτίμηση από την Eurostat)

Γενικότερα σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωση και στον μέσο όρο κατά κεφαλήν παραγωγής από το 1995 μέχρι το 2019, παρατηρείται αύξηση 7.5% από 467 κιλά ετησίως σε 502 κιλά ετησίως βάσει της Eurostat.

Είναι λοιπόν αποδεδειγμένο πως αυξάνεται η παραγωγή αποβλήτων όχι μόνο από πλευράς των πολιτών, αλλά και από πλευράς εργοστασίων και βιομηχανιών, μεγάλο ποσοστό των οποίων κατατάσσονται στα επικίνδυνα απόβλητα. Λόγω του παραπάνω κρίνεται απαραίτητη η ίδρυση ενός αποτελεσματικού και έμπιστου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων, τα οποία είναι προδιαγραφές που έχει τη δυνατότητα να καλύψει η έξυπνη διαχείριση αποβλήτων.

Πρακτικά, η εισαγωγή των έξυπνων λογισμικών και εξοπλισμού στην διαχείριση αποβλήτων έχει τη δυνατότητα να προσφέρει:

- 1) Συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και μη. Με τη βοήθεια των αισθητήρων και διαφόρων άλλων τεχνολογιών που τοποθετούνται στους κάδους απορριμμάτων μπορούν να καταγράφονται οι διαφορετικές κατηγορίες και τα ποσοστά των αποβλήτων που πετώνται στους κάδους. Έπειτα ως άνω δεδομένα που συλλέγονται, χρησιμοποιούνται είτε για να βελτιστοποιηθούν οι διαδρομές των οχημάτων αποκομιδής, είτε για την ανάλυση των ποσοστών κάθε αποβλήτου στους κάδους απορριμμάτων, κτλ.
- 2) Μείωση παραγωγής αποβλήτων: Με τη χρήση των δεδομένων που προαναφέρθηκαν, υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης νέων στρατηγικών που θα στοχεύουν στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων.
- 3) Διαπαιδαγώγηση των πολιτών: Όπως έχει προαναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία, οι εν λόγω έξυπνοι κάδοι θα μπορούσαν να εφοδιάζονται με διαδραστικές οθόνες οι οποίες θα περιέχουν είτε παιχνίδια μικρού μεγέθους είτε βίντεο μικρού μεγέθους, τα οποία θα χρησιμοποιούνται για την εξοικείωση των πολιτών με τέτοιου είδους συστήματα. Εκτός αυτού, θα μπορούσε η διαχείριση αποβλήτων να είναι κεφάλαιο σε κάποιο μάθημα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπως στη μελέτη περιβάλλοντος για παράδειγμα.
- 4) Βελτίωση όσον αφορά την αποτελεσματικότητα και την εξοικονόμηση πόρων της όλης διαδικασίας.

Τα παραπάνω είναι επαρκή για την εφαρμογή των έξυπνων αυτών λογισμικών στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, κρίνεται όμως απαραίτητο να συμπεριληφθούν στην εν λόγω εξίσωση και τα εμπόδια που είναι πιθανό να προκύψουν στη διαδικασία ριζικής αλλαγής του συστήματος διαχείρισης. Τα βασικότερα από αυτά φαίνονται ως κάτω:

- 1) Πολύ υψηλό αρχικό κόστος και κόστος εγκατάστασης. Όσο αποοτικά και αποτελεσματικά και αν είναι τα λογισμικά που έχουν προαναφερθεί, κύριο πρόβλημα είναι κόστος αγορά και εγκατάστασης αυτών. Για παράδειγμα όταν ένας συμβατικός κάδος κοστίζει περίπου 350 €, ένα ζευγάρι έξυπνων κάδων κοστολογείται γύρω στα 30.000 € (πολλες φορές και ακόμα παραπάνω αν

συμπεριλάβει κανείς το κόστος εγκατάστασης). Από την άλλη, με τη χρήση τέτοιου είδους τεχνολογιών, παρατηρείται απόσβεση, και από εκεί και πέρα εξοικονόμηση πόρων σε βάθος χρόνου, κάτι το οποίο όμως πολλές φορές δεν είναι ιδιαίτερα ελκυστικό για τους επενδυτές.

- 2) Έλλειψη τεχνογνωσίας: Πολλοί οργανισμοί είναι αρκετά πιθανό να μην συμμετέχουν στην αλλαγή του συστήματος διαχείρισης άμεσα λόγω ανάγκης εκπαίδευσης του προσωπικού τους.
- 3) Η ανάγκη συντήρησης των συστημάτων αυτών, αν και όχι κοστοβόρα είναι πιθανή αιτία αποστασιοποίησης κάποιων οργανισμών.

## **7.1 Προτάσεις αντιμετώπισης πιθανών δυσκολιών**

Παρακάτω παρουσιάζονται προτάσεις αναφορικά με τα μειονεκτήματα αλλά και με άλλα εμπόδια που είναι πιθανό να προκύψουν στη διαδικασία αντικατάστασης των συμβατικών μέσων με έξυνα λογισμικά.

### **7.1.1 Εγκατάσταση και ασφάλεια των έξυπνων λογισμικών**

Τα έξυπνα λογισμικά που αναλύθηκαν στην εν λόγω εργασία, κρίνεται απαραίτητο να διαθέτουν τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας όντας μία τόσο κοστοβόρα επένδυση που αποσβαίνει σε βάθος χρόνου. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ασφάλεια των αισθητήρων πλήρωσης που εγκαθίστανται στους απλούς συμβατικούς κάδους, το οποίο είναι και το οικονομικά βιωσιμότερο σενάριο από εκείνα που αναλύθηκαν στην ως άνω μελέτη περίπτωσης.

Εγκαθιστώντας λοιπόν έναν αισθητήρα αξίας 300 € σε κάθε κάδο του δήμου, φτάνοντας μία συνολική επένδυση περίπου ενός εκατομμυρίου €, είναι απαραίτητη η εγγύηση της ασφαλείας των αισθητήρων. Τοποθετώντας τους απλά στην εσωτερική πλευρά του καπακίου των συμβατικών κάδων, είναι ιδιαίτερα απλή η εσκεμμένη φθορά, ακόμα και η κλοπή αυτών. Υπάρχουν κάποιες πιθανές λύσεις αντιμετώπισης του ως άνω προβλήματος οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Ενσωμάτωση σειρήνων η τροποποίηση των ήδη υπάρχοντων.

Προτείνεται η εγκατάσταση σειρήνων οι οποίες θα αναπαράγουν ήχο τροφοδοτούμενο από τη μπαταρία του αισθητήρα κατά τη στιγμή αποκόλλησης του από το καπάκι. Η εγκατάσταση μίας σειρήνας στον αισθητήρα δεν κρίνεται ιδιαίτερη οικονομική επιβάρυνση συγκριτικά με αυτά τα οποία προσφέρει και εκτός αυτού, κάποιιοι

αισθητήρες διαθέτουν ήδη σειρήνα η οποία ηχεί κατά τον εντοπισμό υψηλής θερμοκρασίας. Εκτός του ήχου τον οποίο θα εκπέμπει η σειρήνα, προτείνεται η αυτόματη αποστολή σήματος κινδύνου στο κέντρο ελέγχου κατά την αποκόλληση του αισθητήρα. Με αυτό τον τρόπο θα ενημερώνεται το κέντρο ελέγχου σε πραγματικό χρόνο ενώ ταυτόχρονα θα μπορεί να παρακολουθεί την ακριβή θέση του αποκολλημένου αισθητήρα με την οήθεια του GPS που θα είναι ενσωματωμένο σε αυτόν.

### 2) Πρόστιμο κατά την κλοπή.

Προτείνεται η επιβολή προστίμου κατά την κλοπή των εν λόγω αισθητήρων της οποίας το ποσό να αναγράφεται σε κάποιο εμφανές σημείο του κάδου απορριμμάτων, όπως αναγράφεται στα σήματα του οδικού δικτύου.

### 3) Κάδοι με διπλό καπάκι.

Ύπαρξη μόνο μικρού καπακιού στους κάδους από το οποίο θα είναι αδύνατη η αποκόλληση του αισθητήρα, και δυνατότητα ανοίγματος του μεγάλου μόνο από τους εργαζόμενους στα οχήματα αποκομιδής (π.χ. χρήση λουκέτων κτλ.). Σε αυτό το σενάριο θα μπορούσαν να ενταχθούν και οι ημιυπόγειοι κάδοι στους οποίους ο αισθητήρας θα ήταν τοποθετημένος βαθύτερα από το καπάκι, επομένως δεν θα ήταν εύκολα προσβάσιμος. Από την άλλη, το κόστος αντικατάστασης των κάδων με ημιυπόγειους κάδους ώστε να επιτευχθεί μονάχα μεγαλύτερη ασφάλεια των αισθητήρων δεν φαίνεται ιδιαίτερα ελκιστικό σενάριο.

## **7.1.2 Οικονομική απόσβεση επένδυσης**

Όπως αναφέρθηκε και στην ως άνω μελέτη περίπτωσης για το δήμο Αγίας Παρασκευής Αττικής, κύριο εμπόδιο στην αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος διαχείρισης αποβλήτων από τα έξυπνα λογισμικά, είναι ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης. Ιδανικά, ένα πλάνο αντικατάστασης θα έπρεπε να είναι σταδιακό, ώστε να μην δαπανηθούν υπέρογκα ποσά χρημάτων εξαρχής. Όπως φάνηκε και στη μελέτη περίπτωσης, μία αρχική εγκατάσταση έξυπνων αισθητήρων πλήρωσης στους ήδη υπάρχοντες συμβατικούς κάδους είναι μία ιδιαίτερα οικονομική επένδυση, που εξοικονομεί άμεσα μεγάλα ποσοστά καυσίμων των οχημάτων αποκομιδής και μειώνει σημαντικά τους ρύπους από αυτά. Σκοπός λοιπόν είναι μία αρχική (όπως αυτή των



αισθητήρων πλήρωσης), οικονομικά εφικτή πρώτη επένδυση, η οποία αλλάζει ριζικά τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, αλλά και τη νοοτροπία των εργαζομένων στον τομέα αλλά και των πολιτών προετοιμάζοντας με αυτόν τον τρόπο για τα πιο «βαριά» έξυπνα λογισμικά που σταδιακά θα ακολουθήσουν. Έπειτα από την επίτευξη του παραπάνω, προτείνεται η εκκίνηση της σταδιακής αντικατάστασης του συστήματος με λογισμικά και τεχνολογίες όπως, έξυπνη βυθιζόμενοι κάδοι σε κεντρικά σημεία και κάδοι τύπου big belly, ή ακόμα και η τοποθέτηση ενός υπογείου συστήματος αναρρόφησης κενού. Μετά από το παραπάνω, θα έχει πλέον εδραιωθεί σε βάθος χρόνου, ένα σύστημα διαχείρισης αποβλήτων το οποίο θα έχει την ικανότητα να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της σημερινής κοινωνίας, αλλά ταυτόχρονα θα υπάρχει η δυνατότητα ομαλής λειτουργίας αυτού ακόμα και σε πολύ δυσκολότερες απαιτήσεις και ποσότητες αποβλήτων, σε περίπτωση που η κατάσταση οξυνθεί. Τέτοιου είδους πλάνα θα έπρεπε να είναι μέρος αυτών που θεωρούνται πυλώνες για την αναβάθμιση μίας πόλης σε «έξυπνη».

### **7.1.3 Εκπαίδευση προσωπικού**

Η εκπαίδευση και γενικότερα η εκμάθηση του προσωπικού όσον αφορά τα έξυπνα λογισμικά διαχείρισης αποβλήτων κρίνεται απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Οι εταιρίες διαχείρισης αποβλήτων θα μπορούσαν να διοργανώσουν ημερίδες εκμάθησης του προσωπικού του για τον τρόπο λειτουργίας τέτοιου είδους λογισμικών ή ακόμα και να χρηματοδοτούν την εκδήλωση σεμιναρίων πάνω στον εν λόγω τομέα. Τα ως άνω κρίνονται βασικά στάδια ώστε να επιτευχθεί η ομαλή προσαρμογή στα νέα συστήματα. Θα ήταν ακόμη πιο αποτελεσματικό τα σεμινάρια και ημερίδες να πραγματοποιούνται πριν τη μετάβαση στην έξυπνη διαχείριση αποβλήτων, ώστε το προσωπικό να είναι προετοιμασμένο να ανταπεξέλθει από την πρώτη κιόλας στιγμή.

Εκτός του προσωπικού, σημαντική κρίνεται η εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση των πολιτών αναφορικά με την έξυπνη διαχείριση αποβλήτων, τα οποία όμως είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν σταδιακά και σε βάθος χρόνου, για παράδειγμα με την εγκατάσταση οθονών στους έξυπνους κάδους με μικρού μήκους βίντεο εκμάθησης, όπως έχει προαναφερθεί στην παρούσα διπλωματική.



#### 7.1.4 Εκμετάλλευση των βιομηχανικών περιοχών

Οι βιομηχανικές περιοχές είναι μια ευκαιρία μελέτης και προσαρμογής συστημάτων έξυπνης διαχείρισης αποβλήτων μεταξύ των βιομηχανιών που θα βρίσκονται εντός αυτών και θα ακολουθούν μοντέλα κυκλικής οικονομίας. Εκτός του γεγονότος ότι οι βιομηχανικές περιοχές είναι η ιδανική περίπτωση για την πραγματοποίηση δοκιμής εφαρμογής έξυπνων λογισμικών, οι ίδιες χρειάζονται τέτοιου είδους μοντέλα καθώς οι κατάσταση στην οποία βρίσκονται εντός της χώρας είναι κάτω του μετρίου. Υπάρχει σημαντικός αριθμός επιχειρήσεων που δεν συνδέονται μεταξύ τους ώστε να εφαρμοστούν μοντέλα κυκλικής οικονομίας, ο υπάρχει έλεγχος συνθηκών εντός βιομηχανικών περιοχών, απουσιάζουν σημαντικές πληροφορίες όπως τα ποσοστά συνεργασίας και εφαρμογής κυκλικής οικονομίας και κυρίως, υπάρχουν συμβατικά συστήματα διαχείρισης αποβλήτων (Φίλιππος 2023). Με την ένταξη των έξυπνων λογισμικών θα συλλέγονταν δεδομένα για τα απόβλητα που παράγει κάθε επιχείρηση εντός τέτοιου είδους περιοχών, τα οποία α αφορούσαν τόσο τη σύσταση όσο και την ποσότητα. Με τη χρήση των παραπάνω δεδομένων θα ήταν ευκολότερος και πιο αποτελεσματικός ο σχεδιασμός και η βιωσιμότητα των βιομηχανικών περιοχών. Συμπερασματικά θα επωφελούνταν και οι επιχειρήσεις εντός των ΒΙΠΕ, αλλά και το κράτος το οποίο θα προχωρήσει σε πραγματική, και όχι θεωρητική δοκιμή των συστημάτων που πρόκειται να αναβαθμίσουν τη διαχείριση αποβλήτων.

## 7.2 Συμπέρασμα Εργασίας

Τα έξυπνα λογισμικά είναι μία λύση σε ένα πρόβλημα όπως είναι η διαχείριση αποβλήτων, το οποίο συνεχώς διογκώνεται με το πέρασ του χρόνου και έχει αρνητικές συνέπειες στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Με μόνο εμπόδιο το υψηλό κόστος που έχουν κάποια από τα έξυπνα συστήματα που αναφέρθηκαν στην παρούσα διπλωματική, τα οποία από την άλλη διαθέτουν πολύ υψηλά ποσοστά εξοικονόμησης καυσίμων και έκκρισης ρύπων, είναι ένα πλάνο το οποίο οι χώρες ανά τον κόσμο μπορούν να ακολουθήσουν σε βάθος χρόνου. Ήδη υπάρχουν ποικίλες περιπτώσεις χρήσης των έξυπνων λογισμικών και εξοπλισμού διαχείρισης αποβλήτων ανά τον κόσμο αλλά και στην Ελλάδα, οι οποίες όμως είναι περισσότερο είτε πειραματικές, είτε

πολύ πρόσφατες. Ένας από τους λόγους που απουσιάζουν από τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων είναι ότι δεν έχουν ενταχθεί στα νομοθετικά πλαίσια, τα οποία αναφέρονται μόνο έμμεσα σε αυτά καθώς είναι το εργαλείο με το οποίο είναι δυνατό να επιτευχθούν οι στόχοι που κάθε χώρα έχει θέσει. Με τη δημιουργία νόμων που θα αφορούν συγκεκριμένα τέτοιου είδους συστήματα και λογισμικά επεξεργασίας δεδομένων (για παράδειγμα εγκατάσταση συγκεκριμένου αριθμού έξυπνων κάδων ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης έως το 2030), θα παρατηρηθεί η αναβάθμιση πολλών περισσότερων συστημάτων διαχείρισης καθώς οι χώρες θα αναγκάζονται να το κάνουν μεν, αλλά θα επωφελούνται από αυτό δε.

Εκτός του ότι τα εν λόγω συστήματα συμβάλλουν στη μείωση των ρύπων και την εξοικονόμηση χρημάτων και φυσικών πόρων, ωραιοποιούν ταυτόχρονα τις περιοχές στις οποίες εγκαθίστανται. Για παράδειγμα, οι έξυπνοι βυθιζόμενοι κάδοι και τα πνευματικά συστήματα αναρρόφησης κενού, είναι και τα δύο υπόγεια και αντικαθιστούν του συμβατικούς κάδους απορριμμάτων, εξαλείφοντας έτσι την ύπαρξη αυτών στους δρόμους και τα πεζοδρόμια. Έπειτα, αναβάθμιση με τη σειρά της έχει και τα δικά της νέα πλεονεκτήματα, για παράδειγμα αφού εξαλειφθούν οι συμβατικοί κάδοι από τις θέσεις που βρίσκονταν λόγω της αναβάθμισης αυτών με ένα υπόγειο πνευματικό σύστημα, θα υπάρχουν πολύ περισσότερες διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης για τα οχήματα ιδιωτικής χρήσης.

Τέλος, όπως έχει προαναφερθεί στη διπλωματική εργασία, τα έξυπνα αυτά συστήματα μπορούν να φανούν χρήσιμα σε περιβάλλον εκτός του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων, όπως ο εντοπισμός πυρκαγιάς από τους αισθητήρες πλήρωσης που διαθέτουν δείκτες θερμοκρασίας οι οποίοι στέλνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και η μεταφορά άλλου είδους υλικών με τη βοήθεια των πνευματικών συστημάτων.

Επιπλέον, ο τομέας των έξυπνων λογισμικών συνδέεται άμεσα με αυτόν της πληροφορικής και του προγραμματισμού, ο οποίος αναπτύσσεται ραγδαία τον 21<sup>ο</sup> αιώνα. Το ως άνω συνεπάγεται τη συνεχή αναβάθμιση και εξέλιξη των εν λόγω συστημάτων ανάλογα με τις απαιτήσεις της εποχής. Εκτός της αναβάθμισης των ήδη υπάρχοντων, είναι σχεδόν βέβαιο ότι στο μέλλον θα υπάρξουν νέα, ακόμη πιο αποτελεσματικά λογισμικά τα οποία ίσως να βελτιώσουν και το οικονομικό κομμάτι το οποίο φαίνεται μέχρι στιγμής να είναι το εμπόδιο των επενδύσεων. Εν κατακλείδι, θα ήταν ιδανικό κάθε δήμος να είχε τη δυνατότητα να ξεκινήσει μία μελέτη για την

επιλογή των κατάλληλων έξυπνων συστημάτων μα βάση τις δικές του απαιτήσεις και προδιαγραφές και έπειτα, να ακολουθήσουν προγράμματα χρηματοδότησης από το κράτος ή ακόμα και την Ευρωπαϊκή Ένωση για την εκκίνηση αναβάθμισης των εν λόγω περιοχών, ώστε να φτάσει κάθε χώρα τους στόχους που όπως προαναφέρθηκε στην παρούσα διπλωματική, έχουν τεθεί έως το 2030. Με αυτόν τον τρόπο, θα επιτευχθεί η ύπαρξη έξυπνων πόλεων στις οποίες πολίτες, εργαζόμενοι και κράτος θα αναπτύξουν τον κατάλληλο σεβασμό προς το περιβάλλον και θα αξιοποιούν τα απόβλητα που θα συλλέγονται από ένα έμπιστο και αποτελεσματικό σύστημα έξυπνης πλέον διαχείρισης αποβλήτων.

## Βιβλιογραφία

1. ««Εξυπνη» διαχείριση απορριμμάτων από την Cosmote.» *Η Καθημερινή*, 2022.
2. Abdullah Al Jaid Jim, Rafiul Kadir, Md. Abdullah Al Mamun, Abdullah-Al Nahid, Md. Younus Ali. «A Noble Proposal for Internet of Garbage Bins (IoGB).» *MDPI*, 3 Ιούνιος 2019.
3. *Alpha news*. «Δράμα: Κάδοι γεμάτοι μπάζα και κλαδιά – καταγγελία Χριστόδουλου Μαμσάκου.» 1 Αύγουστος 2019.
4. *Arcadia Portal*. «Γεμάτοι οι κάδοι στην Τρόπολη, τι γίνεται με την ανακύκλωση;» 9 Μάιος 2018.
5. Arindam Roy, Apurba Manna, Jungmin Kim, Ilkyeong Moon. «IoT-based smart bin allocation and vehicle routing in solid waste management: A case study in South Korea.» *Science Direct*, Σεπτέμβριος 2022: Volume 171.
6. Avani Dixit, Rajib Shaw. «Smart Cities in Nepal: The concept, evolution and emerging patterns.» *Science Direct*, 10 August 2023.
7. *b2green*. 31 Μάιος 2021. <https://news.b2green.gr/6511/%CF%87%CE%B9%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CE%B4%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BA%CE%BB%CF%8D%CE%B6%CE%BF%CF%85%CE%BD-%CF%84%CE%B9%CF%82-%CE%B5%CE%BB> (πρόσβαση 2023).
8. *BBVA*. 14 Μάιος 2021. <https://www.bbva.ch/en/news/advantages-and-disadvantages-of-the-circular-economy/> (πρόσβαση 2023).
9. *Big Belly*. χ.χ. <https://bigbelly.com/products/bigbelly-smart-max> (πρόσβαση 2023).
10. *Bins*. *Bins.gr*. 2023. <https://www.bins.gr/product-category/%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CE%BA%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CE%B9/>.
11. Bízek, Dr Vladislav. «Waste to energy – shift in the EU policies.» *The Clinic Workshop on waste to energy solutions for municipalities*. Απρίλιος 2022.
12. C. P. Bong, L. Y. Lim, Chew-Tin Lee, Y. Fan, J. Klemeš. «The Role of Smart Waste Management in Smart Agriculture.» *Semantic scholar*, 1 Αύγουστος 2018.
13. *CAPITAL.GR*. «Η Intracom Telecom αναβαθμίζει τη λύση της για "έξυπνη" διαχείριση απορριμμάτων.» 8 Σεπτέμβριος 2021.

14. Cassendra P.C. Bong, Li Yee Lim, Chew Tin Lee, Yee Van Fan, Jiří Jaromír. «The Role of Smart Waste Management in Smart Agriculture.» *AIDIC*, 2018: VOL. 70.
15. Commision, European. χ.χ.
16. Dhayyat, Samira. «Smart waste management using artificial intelligence.» *The Smart City Journal*, 21 8 2022.
17. *ecubelabs*. 15 1 2021.
18. *ecubelabs*. *ecubelabs.com*. <https://www.ecubelabs.com/solution/> (πρόσβαση 2023).
19. Ed Burns, Nicole Laskowski, Linda Tucci. *Tech Target, artificial intelligence (AI)*. Μάρτιος 2023.  
<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence> (πρόσβαση Απρίλιος 2023).
20. Edoardo Longo, Fatih Alperen Sahin, Alessandro E. C. Redondi , Patrizia Bolzan , Massimo Bianchini, Stefano Maffei. «A 5G-Enabled Smart Waste Management System for University Campus.» *MDPI*, 10 November 2021.
21. *e-nomothesia.gr*. 2021. <https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/nomos-4819-2021-phek-129a-23-7-2021.html>.
22. *European Environment Agency*. 27 Ιανουάριος 2021. (πρόσβαση 2023).
23. *European Parliament*. «Circular economy: definition, importance and benefits.» 24 Μάιος 2023.
24. EvoEco. «Evobin.» 2023.
25. Evreka. *Waste Dashboard*. χ.χ. <https://evreka.co/blog/how-to-utilize-from-ai-in-waste-management/> (πρόσβαση 2023).
26. Firmin, Sydney. *Velocity Business Solutions*. 15 Ιανουάριος 2019.  
<https://www.vebuso.com/2019/01/vector-raster-tale-two-spatial-data-types/> (πρόσβαση 2023).
27. G. Kumaravel, V. Iankumaran. «IoT based Smart Battery Power and Wastage Level Tracking System for Solar Powered Waste Bin by GSM Technology.» *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022.
28. Gegalift. *Gegalift quality at work*. 2023. <https://www.gepalift.gr/en/> (πρόσβαση 2023).
29. Gillis, Alexander S. «Internet of Things.» *TechTarget*, 2023.

30. «Gov.» 13 Μάιος 2019. <https://www.alimos.gov.gr/wp-content/uploads/2019/05/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A1%CE%A5%CE%9E%CE%97.pdf> (πρόσβαση 2023).
31. Greenwalt, Megan. «Bin-e Creates Contactless Smart Bin.» *Waste 360*, 2 6 2020.
32. Ian D Bishop, Francisco J Escobar, Sadasivam Karuppanan, Ksemsan Suwarnarat, Ian P Williamson, Paul M Yates, Haider W Yaquub. «Spatial data infrastructures for cities in developing countries: Lessons from the Bangkok experience.» *Science Direct*, Απρίλιος 2000: 85-96.
33. Ifigeneia, Siakandari. «Πρότυπος οδηγός βέλτιστης χωροδιάταξης κάδων και βέλτιστης δρομολόγησης απορριματοφόρων - καταγραφή και ανάλυση στοιχείων σε επίπεδο δημοτικής ενότητας.» 2016 .
34. IOTKOVSKA, SVILENA. «14 underground bins to be installed in Pilea-Hortiatis.» *The Mayor*, 2021.
35. Joshi, Aasavari. *Circular Innovation Lab*. 8 Σεπτέμβριος 2022. <https://www.circularinnovationlab.com/post/smart-cities-and-iot-the-future-of-waste-management> (πρόσβαση 2023).
36. Juris Burlakovs, Yahya Jani, Mait Kriipsalu, Zane Vincevica-Gaile, Fabio Kaczala, Gunita Celma, Ruta Ozola, Laine Rozina, Vita Rudovica, Marika Hogland, Arturs Viksna, Kaur-Mikk Pehme, William Hogland, Maris Klavins. «On the way to ‘zero waste’ management: Recovery potential of elements, including rare earth elements, from fine fraction of waste.» *sciencedirect*, 10 6 2018.
37. KARGAKI, ELENI. «New smart collection system to optimise the Used Cooking Oil to biodiesel value chain.» *Interreg Europe*, Δεκέμβριος 2019.
38. Kirchhof, Nadja. «Smarten up your Waste Management.» *Blog.Telekom*, 12 Μάιος 2019.
39. Lehmann, Steffen. «Optimizing Urban Material Flows and Waste Streams in Urban Development through Principles of Zero Waste and Sustainable Consumption.» *Research Gate*, 2011.
40. *LIVINGINTERNET*. «The internet toaster.» χ.χ.
41. Murugesan, S. «Theoretical modelling and fabrication of smart waste management system for clean environment using WSN and IOT.» *Science Direct*, 2021: Volume 45, Part 2, 2021, Pages 1908-1913.
42. Nižetić, Sandro. «Progress in smart and sustainable technologies.» *Science Direct*, 20 Φεβρουάριος 2022: Volume 337.

43. Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration. *GovInfo*. 11 Αύγουστος 1999. <https://www.govinfo.gov/app/details/FR-1999-08-11/99-20749> (πρόσβαση Απρίλιος 2023).
44. Onoda, Hiroshi. «Smart approaches to waste management for post-COVID-19 smart cities in Japan.» *The Institution of Engineering and Technology*, 30 Ιούνιος 2020.
45. Pham, Diane. «EcoATM Pays Out Cash In Exchange for Your Unwanted Gadgets.» *inhabitat*, 17 1 2012.
46. Poon, Linda. «New York City Is Turning Smart Garbage Bins Into Free Wi-Fi Hotspots.» *Bloomberg*, 2015.
47. Rihn, Andy. «A brief history of garbage and the future of waste generation.» *RoadRunner*, 2 Δεκέμβριος 2021.
48. S. R. Jino Ramson, D. Jackuline Moni, S. Vishnu, Theodoros Anagnostopoulos, A. Alfred Kirubaraj & Xiaozhe Fan. «An IoT-based bin level monitoring system for solid waste management.» *SpringerLink*, 22 11 2020.
49. S.A., Southstar. «Πράσινα Σημεία.» 2023.
50. SAP. *What is IoT and how does it work?* χ.χ. <https://www.sap.com/greece/products/artificial-intelligence/what-is-iot-internet-of-things.html> (πρόσβαση Απρίλιος 2023).
51. Sébastien Faye, Foued Melakessou, Wassila Mtalaa, Prune Gautier, Neamah AlNaffakh, Djamel Khadraoui,. *ACM Digital Library*, 13 11 2019.
52. Seequent. *Will tomorrow's waste feel the pressure?* 19 Φεβρουάριος 2019. <https://www.seequent.com/will-tomorrows-waste-feel-the-pressure/> (πρόσβαση 2023).
53. Seker, Sukran. «IoT based sustainable smart waste management system evaluation using MCDM model under interval-valued q-rung orthopair fuzzy environment.» *Science Direct*, Νοέμβριος 2022: Volume71.
54. Singh, Ajay. «Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal.» *Science Direct*, 15 Ιούνιος 2019.
55. —. «Remote sensing and GIS applications for municipal waste management.» *Science Direct*, Αύγουστος 2019: 22-29.
56. Slattery, April. «What Makes Software “Smart”?» *Teck Monitor*, 2018.
57. *Smart City Sweden*,. data collected. <https://smartcitysweden.com/focus-areas/climate-environment/waste-management/>.



58. Sorri, Andrea. *AXIS COMMUNICATONS*. 28 September 2021. [https://www.axis.com/blog/secure-insights/what-smart-city/?utm\\_source=Enews&utm\\_medium=Partner](https://www.axis.com/blog/secure-insights/what-smart-city/?utm_source=Enews&utm_medium=Partner) (πρόσβαση 2023).
59. Soumyabrata Saha, Rituparna Chaki. «IoT based smart waste management system in aspect of COVID-19.» *Science Direct*, June 2023.
60. TEAM, CAR & MOTOR. «Ίδού το αυτόνομο ρομπότ που θα καθαρίζει τις παραλίες.» *CAR & MOTOR*, 25 Ιούλιος 2021.
61. Team, Editing. «Βιομηχανική συμβίωση: Ανατροπή της παραδοσιακής παραγωγικής διαδικασίας και προαγωγή της κυκλικής οικονομίας.» *ΟΔΕΘ*, 21 Ιούνιος 2021.
62. Tiseo, Ian. «Municipal solid waste generation in the U.S. 1960-2018.» *Statista*, 2023.
63. tomonews. 2016.
64. Ventosa, Δρ. Ignasi Puig. «Συλλογή Πόρτα-Πόρτα στην Καταλονία.» 2011.
65. Verdetec. 2022.
66. Whitmore, Hugo. «GreenCREATIVE, inventor of the first smart trashcan, granted the 2015 Start-up of the Year Award.» *engie*, 12 4 2015.
67. Ε.Δ.Σ.Ν.Α. *Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) Δήμου Αγίας Παρασκευής*. Αγία Παρασκευή, 2021.
68. Ελευθερία. «Βραβείο για έξυπνη διαχείριση αποβλήτων.» 30 Σεπτέμβριος 2022.
69. Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. «6ο Συνέδριο της ΕΕΔΣΑ, Προτεραιότητες Κυκλικής Οικονομίας Συνδέοντας Πολίτες-Επιστήμη-Επιστήμονες.» 28 Φεβρουάριος 2020.
70. Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας. *χ.χ.*
71. *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*. «ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων.» 30 5 1991.
72. Έργων, Σύμβουλοι Περιβαλλοντικών και Αναπτυξιακών. «edsna.» 28 Ιούλιος 2020. [https://www.edsna.gr/wp-content/uploads/2022/01/1\\_-%CE%A4%CE%A3%CE%94%CE%91-%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%9F%CE%A5-%CE%91%CE%93%CE%99%CE%91%CE%A3-%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%97%CE%A3-1.pdf](https://www.edsna.gr/wp-content/uploads/2022/01/1_-%CE%A4%CE%A3%CE%94%CE%91-%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%9F%CE%A5-%CE%91%CE%93%CE%99%CE%91%CE%A3-%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%97%CE%A3-1.pdf) (πρόσβαση 2023).

73. Έργων, Τμήμα Περιβάλλοντος Μελετών &. «Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ – ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΖΩΗ.» 2018. <https://www.perama.gr/wp-content/uploads/2019/12/%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97-%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%AE%CE%B8%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CE%92%CF%85%CE%B8%CE%B9%CE%B6%CF%8C%CE%BC-%CE%BA%CE%B1%CE%B4%CF%89%CE%BD-%CE%9C%CE%97%CE%A4%CE%A1%CE%A9%CE%9F.pdf> (πρόσβαση 2023).
74. Καλλιθέας, Δήμος. *Δήμος Καλλιθέας*. 1 Ιούλιος 2022. <https://kallithea.gr/?p=22598> (πρόσβαση 2023).
75. Κουμανταράκη, Νίκη Κάρμεν. «Έξυπνες Πόλεις – Έξυπνη Διαχείριση Απορριμμάτων - Το παράδειγμα του Δήμου Χαλανδρίου.» Αθήνα, Απρίλιος 2019.
76. Μακεδονίας, Διαχείριση Απορριμμάτων Δυτικής. «Πράσινα Σημεία.» 2020.
77. «Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου.» *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, Νοέμβριος 2008.
78. *Οικολογική Εταιρία Ανακύκλωσης*. 2013. [http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=75:2013-02-28-14-19-54&catid=11:information&Itemid=485&lang=en](http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=75:2013-02-28-14-19-54&catid=11:information&Itemid=485&lang=en).
79. ΠΑ.Δ.Α. *uniwa.gr*. 2023. <https://campusplan.uniwa.gr/> (πρόσβαση 2023).
80. Παρασκευής, Διεύθυνση Περιβάλλοντος του Δήμου Αγίας. *Δήμος Αγίας Παρασκευής*. 29 Ιούνιος 2016. <https://www.agiaparaskevi.gr/portal/syndesmoi/perivallon/deltia-tyrou/3154-29-6-16>.
81. Παυλόπουλος, Βασίλης Αναστασίου. «Έξυπνα συστήματα για τη λήψη και υποστήριξη αποφάσεων, Θεωρία και παραδείγματα σε ενέργεια και ιατρική.» Διπλωματική, Πάτρα, 2017.
82. Ραβάνης, Παύλος. «Ενημερωτικός Οδηγός για την διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού Κλωστοϋφαντουργικών Προϊόντων (ΚΠ).» Αθήνα: ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ, 2022.
83. Ραχμανίδη, Δήμητρας. «Βιομηχανική Συμβίωση.» *The Safia Blog*, 21 Μάρτιος 2021.
84. Συμβούλιο, Κοινοτικό. *Αγία Βαρβάρα Πάφου*. 2023. <http://ayiavarvara.com/portfolio-item/viomichaniki-periochi/>.
85. «Τεύχος 1ο.» *Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της ελληνικής δημοκρατίας*, 2022.

86. Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) του Δήμου Αγίας Παρασκευής,. 2021. [https://www.edsna.gr/wp-content/uploads/2022/01/1\\_-%CE%A4%CE%A3%CE%94%CE%91-%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%9F%CE%A5-%CE%91%CE%93%CE%99%CE%91%CE%A3-%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%97%CE%A3-1.pdf](https://www.edsna.gr/wp-content/uploads/2022/01/1_-%CE%A4%CE%A3%CE%94%CE%91-%CE%94%CE%97%CE%9C%CE%9F%CE%A5-%CE%91%CE%93%CE%99%CE%91%CE%A3-%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%97%CE%A3-1.pdf).
87. «Τροποποιημένο εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων 2020-2030,» 2020.
88. Φίλιππος, Φαράκος. «Περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση μοντέλου βιομηχανικής συμβίωσης στις ΒΙΠΕ της Ελλάδας.» *Ιδρυματικό Αποθετήριο Πολυνόη*, Ιούλιος 2023: 142.