

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Πληροφορικής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Κουτρουλάκης Κυριάκος (Α.Μ. 3538)

Επιβλέπων εκπαιδευτικός: Παπαδάκης Νικόλαος

Ηράκλειο 2024



Hellenic Mediterranean University
Department of Electrical and Computer Engineering

THESIS

Title: DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT OF A COMPREHENSIVE SYSTEM FOR MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT

Koutroulakis Kyriakos (A.M. 3538)

Supervising teacher: Papadakis Nikolaos

Heraklion 2024

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και έχω αναφέρει τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα για την συγκέντρωση των πληροφοριών. Επίσης, αυτή η πτυχιακή εργασία συντάχθηκε για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Πληροφορικής του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την μητέρα μου για την υποστήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια, είτε οικονομική είτε ψυχολογική. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους καθηγητές κ. Παπαδάκη Νικόλαο και κ. Μαστοράκη Γεώργιο για την κατανόηση όλο αυτό το διάστημα και άψογη συνεργασία που είχαμε.

Abstract

The purpose of this thesis is to study the existing practices of waste management in urban areas and the impact these methods have. We will study the effects both on the environment but also on a social and economic level, how they affect the quality of life and health of people as well as local societies and economies.

An application will also be developed with cutting-edge technologies to immediately address misinformation by helping users to understand in depth the impact of their actions and habits on a daily basis, helping them to adopt a more environmentally friendly lifestyle as well as to provide them with a comprehensive solution to their waste mismanagement problem.

Περίληψη

Σκοπός αυτής της πτυχιακής είναι η μελέτη των υπαρχόντων πρακτικών σε ζητήματα διαχείρισης των αποκριμάτων σε αστικές περιοχές και τον αντίκτυπο που έχουν οι μέθοδοι αυτές. Θα μελετήσουμε τις επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον αλλά και σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, πως επηρεάζουν την ποιότητα ζωής και την υγεία των ανθρώπων αλλά και τοπικών κοινωνιών και οικονομιών.

Επίσης θα γίνει ανάπτυξη εφαρμογής με τεχνολογίες αιχμής για να την άμεση αντιμετώπιση της παραπληροφόρησης βοηθώντας τους χρήστες να κατανοήσουν σε βάθος των αντίκτυπο των ενεργειών τους και των συνηθειών τους σε καθημερινή βάση, βοηθώντας τους να υιοθετήσουν ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο ζωής όσο αλλά και να τους παρέχει μια ολοκληρωμένη λύση για το πρόβλημα της κακής διαχείρισης των απορριμμάτων τους.

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας Εικόνων....9
Κεφάλαιο 1 11
1.1 Επισκόπηση της σημασίας της διαχείρισης απορριμμάτων σε αστικές περιοχές 11
1.2 Αντικείμενο και στόχος της εφαρμογής που αναπτύχθηκε και περιγραφή της....11
Κεφάλαιο 2 14
Ανασκόπηση 14
2.1. Ιστορικό πλαίσιο διαχείρισης απορριμμάτων σε πόλεις 14
2.2. Πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων, προκλήσεις και καινοτομίες....15
2.3. Ανάλυση μελετών με επιτυχημένα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων και προσδιορισμός κενών και πιθανές λύσεις όπου μπορεί να προσφέρει η εφαρμογή....16
Κεφάλαιο 3 23
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις....23
3.1. Περιβαλλοντικές συνέπειες της ανεπαρκούς διαχείρισης αποβλήτων 23
3.2. Πιθανές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και του νερού, την άγρια ζωή και τη δημόσια υγεία 23
Κεφάλαιο 4 30
Κοινωνικές και οικονομικές πτυχές 30
4.1. Ανάλυση στις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της κακής διαχείρισης απορριμμάτων 30
4.2. Πώς η διαχείριση των απορριμμάτων επηρεάζει τη διαβίωση των κατοίκων και την τοπική οικονομία 32
Κεφάλαιο 5 36
Βέλτιστες πρακτικές και μελέτες περιπτώσεων....36
5.1. Επισήμανση επιτυχημένων στρατηγικών και πρωτοβουλίες διαχείρισης απορριμμάτων από πόλεις....36
Κεφάλαιο 6 39
Τεχνική περιγραφή τεχνολογιών της εφαρμογής……..……....38
6.1 Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική της εφαρμογής……..38
6.2 Βάση δεδομένων MongoDB Atlas …….……....39
6.3 NodeJS runtime περιβάλλον …….42
6.4 Ionic/Angular framework ……...42
Κεφάλαιο 7……....44
Παρουσίαση της εφαρμογής……....……44
7.1 Περιγραφή Λειτουργικότητας του NodeJS REST API Server…….……..44
7.2 Περιγραφή της εφαρμογής κινητών τηλεφώνων…….. 48

7.2.1 Πρώτα βήματα μετά την εγκατάσταση……...48
7.2.2 Περιγραφή κύριων λειτουργιών της εφαρμογής…….50
7.2.3 Περιγραφή έξτρα λειτουργιών της εφαρμογής…….. 59
Κεφάλαιο 8 62
Συμπεράσματα 62
Αναφορές.....63

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Ιστορικό πλαίσιο διαχείρισης απορριμάτων.....14
Εικόνα 2: Καινοτόμοι Κάδοι.....16
Εικόνα 3: AI and Visual.....17
Εικόνα 4: AI και συλλογή απορριμμάτων.....18
Εικόνα 5: Smart City and Smart Waste Management.....20
Εικόνα 6: Ποιότητα Αέρα 24
Εικόνα 7: Ποιότητα νερού 26
Εικόνα 8: Απορρίμματα 27
Εικόνα 9: Κοινωνικές Επιπτώσεις.....30
Εικόνα 10: Οικονομικές Επιπτώσεις 31
Εικόνα 11: Use Cases 36
Εικόνα 12: Γραφική απεικόνιση της αρχιτεκτονικής και της διασύνδεσης των επιμέρους κομματιών 39
Εικόνα 13: Γραφική απεικόνιση του σχεδιασμού της βάσης δεδομένων…...……40
Εικόνα 14: Η βάση δεδομένων στη cloud πλατφόρμα MongoDB Atlas……41
Εικόνα 15: Οπτικοποίησή μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο……41
Εικόνα 16: Γραφική αναπαράσταση REST API……42
Εικόνα 17: Σχεδιάγραμμα πτυχών μιας Ionic εφαρμογής……..43
Εικόνα 18: Αρχιτεκτονική επιπέδων Nodejs Server……..44
Εικόνα 19: Υλοποίηση επιπέδων στον Server……...45
Εικόνα 20: Σχεδιάγραμμα ελέγχου ταυτότητας χρήστη……46
Εικόνα 21: Υλοποίηση κώδικα στον Server για αυθεντικοποίηση χρηστών……...47
Εικόνα 22: Απόσπασμα logs από την χρήση της εφαρμογής……....48
Εικόνα 23: Σελίδα δημιουργίας νέου λογαριασμού χρήστη……49
Εικόνα 24: Εικόνα ελέγχου εσφαλμένων στοιχείων……..49
Εικόνα 25: Αυτοματοποιημένο email καλωσορίσματος……50
Εικόνα 26: Σελίδα αναζήτησης νέων……51
Εικόνα 27: Αποτελέσματα αφού ο χρήστης αναζήτησε αρθρογραφία για την διαχείριση ρύπων……51
Εικόνα 28: Σελίδα κατ' οίκων παραλαβών με το ιστορικό χρήστη……...52
Εικόνα 29: Μενού επιλογών bubble……...52
Εικόνα 30: Η σελίδα καταστημάτων……53
Εικόνα 31: Δυναμικό φιλτράρισμα με βάση το όνομα του καταστήματος……...53
Εικόνα 32: Εμφάνιση καταστήματος στους χάρτες Google……..54
Εικόνα 33: Αναλυτικές πληροφορίες καταστήματος μέσα σε αναδυόμενο παράθυρο στους χάρτες...54
Εικόνα 34: Βήμα 1 - Επιλογή ηλεκτρικής συσκευής για ανακύκλωση……55
Εικόνα 35: Βήμα 2 - Επιλογή καταστήματος για την κατ' οίκων παραλαβή……55
Εικόνα 36: Βήμα 3 - Επιλογή ημερομηνίας για την κατ' οίκων παραλαβή από το κατάστημα……55
Εικόνα 37: Ολοκλήρωση διαδικασίας για κατ' οίκων παραλαβή……...55
Εικόνα 38: Αυτοματοποιημένο email κατόπιν επιτυχημένου ραντεβού για κατ’ οίκων ανακύκλωση συσκευής……56
Εικόνα 39: Ακύρωση κατ' οίκων ανακύκλωσης από τον χρήστη ...……..57
Εικόνα 40: Σελίδα ρυθμίσεων στην εφαρμογή……...58
Εικόνα 41: Σελίδα ανανέωσης στοιχείων χρήστη……..58
Εικόνα 42: Σελίδα αλλαγής κωδικού……..58
Εικόνα 43: Επιλογή σκούρων χρωμάτων για μεγαλύτερη άνεση και πιο ξεκούραστη χρήση της εφαρμογής ……..58
Εικόνα 44: Burger-menu για ευκολότερη περιήγηση στην εφαρμογή ……..59
Εικόνα 45: Σελίδα υπενθυμίσεων εφαρμογής ……...59
Εικόνα 46: Κομπιουτεράκι της εφαρμογής ……...60
Εικόνα 47: Συνολικός υπολογισμός των αντικειμένων καθημερνής χρήσης……60
Εικόνα 48: Σελίδα συμβουλών ……..61
Εικόνα 49: Σελίδα συμβουλών με εξωτερικές πηγές..……...61

Ακρωνύμια

HTML – Hypertext Markup Language

JS – JavaScript

CSS – Cascading Style Sheets

SPA – Single Page Application

PWA – Progressive Web Application

IoT – Internet of Things

HTTP – Hypertext Transfer Protocol

API – Application Programming Interface

REST API – Representational State Transfer Application Programming Interface

JSON – JavaScript Object Notation

URL – Uniform Resource Locator

JWT – Json Web Token

GUI – Graphical User Interface

SQL – Structured Query Language

DBaaS – Data Base as a Service

ML – Machine Learning

AI – Artificial Intelligence

CNN – Convolutional Neural Network

PM – Particular Matter

POP – Persistent Organic Pollutants

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Οι αστικές περιοχές υφίστανται άνευ προηγουμένου ανάπτυξη, που χαρακτηρίζεται από αύξηση του πληθυσμού και επακόλουθη αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων. Η αποτελεσματική διαχείριση των απορριμμάτων έχει αναδειχθεί ως πρωταρχικό μέλημα για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας αυτών των δυναμικών αστικών τοπίων. Αυτή η εισαγωγή εμβαθύνει στην κρίσιμη σημασία της διαχείρισης απορριμμάτων στις αστικές περιοχές, αναγνωρίζοντας τις πολύπλευρες προκλήσεις που θέτει η αύξηση των απορριμμάτων και υπογραμμίζοντας την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις για την προστασία τόσο του περιβάλλοντος όσο και της ευημερίας των αστικών κοινοτήτων.

1.1 Επισκόπηση της σημασίας της διαχείρισης απορριμμάτων σε αστικές περιοχές

Καθώς οι πόλεις επεκτείνονται και εξελίσσονται, η σημασία της διαχείρισης των απορριμμάτων γίνεται όλο και πιο εμφανής. Η ταχεία αστικοποίηση των κοινοτήτων μας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων, παρουσιάζοντας μια σύνθετη πρόκληση που εκτείνεται πέρα από τα όρια των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Σε αυτό το πλαίσιο, η διαχείριση των απορριμμάτων διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση της υγείας, της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας των αστικών περιοχών. Αποτελεί τον κρίκο για την καλλιέργεια μιας αρμονικής συνύπαρξης μεταξύ των αυξανόμενων πληθυσμών και των ευαίσθητων οικοσυστημάτων εντός και των γύρω πόλεων.

1.2 Αντικείμενο και στόχος της εφαρμογής που αναπτύχθηκε και περιγραφή της

Αναγνωρίζοντας τον επείγοντα χαρακτήρα της αντιμετώπισης των προκλήσεων διαχείρισης αποβλήτων, έχει δημιουργηθεί μια καινοτόμος εφαρμογή για να ενδυναμώσει τα άτομα με τις γνώσεις και τα εργαλεία που είναι απαραίτητα για τη βελτιστοποίηση των πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων. Ο στόχος είναι σαφής: να γεφυρωθεί το χάσμα πληροφοριών και να παρέχουμε στους χρήστες μια ολοκληρωμένη λύση για τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων. Αξιοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων των Ionic/Angular, Node.js, MongoDB και Analytics, αυτή η εφαρμογή χρησιμεύει ως μια δυναμική πλατφόρμα που καθοδηγεί τους χρήστες προς τις βιώσιμες συνήθειες διαχείρισης απορριμμάτων.

Περιγραφή Εφαρμογής:

Η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί σχολαστικά για κινητά τηλέφωνα, προσφέροντας στους χρήστες μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για πρόσβαση σε λεπτομερείς πληροφορίες

σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων. Για την ανάπτυξη του front-end η τεχνολογία Ionic/Angular υπόσχεται μια απρόσκοπτη εμπειρία τόσο στους χρήστες κινητών τηλεφώνων Android όσο και iOS, ενώ το Node.js και το Atlas MongoDB αποτελούν τη στιβαρή υποδομή back-end. Επιπλέον, τα Analytics που έχουν ενσωματωθεί, παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο για να επιτρέπουν την εμφάνιση στατιστικών και την οπτικοποίησή τους, δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες να παρακολουθούν και να κατανοούν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των επιλογών διαχείρισης απορριμμάτων τους.

Ανασκόπηση:

- Ιστορικό πλαίσιο της διαχείρισης απορριμμάτων στις πόλεις:

Η κατανόηση της ιστορικής τροχιάς της διαχείρισης απορριμμάτων παρέχει πολύτιμες γνώσεις για την εξέλιξη των πρακτικών και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι αστικές περιοχές. Αυτή η ενότητα διερευνά τις ρίζες της διαχείρισης απορριμμάτων, ανιχνεύοντας το ιστορικό της πλαίσιο για να ενσωματώσει τις παρούσες προκλήσεις και καινοτομίες.

- Πρακτικές, προκλήσεις και καινοτομίες διαχείρισης απορριμμάτων:

Η εις βάθος εξέταση των τρεχουσών πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων είναι ζωτικής σημασίας για την αναγνώριση των προκλήσεων και τον εντοπισμό καινοτόμων λύσεων. Αυτή η ενότητα ανασκόπησης εμβαθύνει στις διαφορετικές στρατηγικές που υιοθετούν τα αστικά κέντρα, διερευνώντας τόσο τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν όσο και τις έξυπνες καινοτομίες που αναπτύχθηκαν ως απάντηση στο εξελισσόμενο τοπίο των απορριμμάτων.

- Ανάλυση Μελετών με Επιτυχή Συστήματα Διαχείρισης Απορριμμάτων:

Με βάση την υπάρχουσα έρευνα, αυτή η ενότητα διεξάγει μια ενδελεχή ανάλυση επιτυχημένων συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων. Με τον εντοπισμό κενών και την πρόταση πιθανών λύσεων, ο στόχος είναι να δημιουργηθεί μια βάση για τις συστάσεις της εφαρμογής, με βάση τα στοιχεία και την αποτελεσματικότητα στον πραγματικό κόσμο.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις:

- Περιβαλλοντικές συνέπειες της ανεπαρκούς διαχείρισης απορριμμάτων:

Η ανεπαρκής διαχείριση των αποβλήτων έχει βαθιές περιβαλλοντικές συνέπειες, επηρεάζοντας τα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα. Αυτή η ενότητα διερευνά τις οικολογικές συνέπειες της κακής διαχείρισης των απορριμμάτων, τονίζοντας την επείγουσα ανάγκη για αποτελεσματικές λύσεις για τον μετριασμό της περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

- Πιθανές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και του νερού, στην άγρια ζωή και στη δημόσια υγεία:

Πέρα από την περιβαλλοντική υποβάθμιση, η κακή διαχείριση των απορριμμάτων μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα του αέρα και του νερού, την άγρια ζωή και τη δημόσια υγεία. Αυτή η ενότητα διερευνά τις αλληλένδετες συνέπειες, τονίζοντας τις ευρύτερες οικολογικές επιπτώσεις και τις επιπτώσεις στη δημόσια υγεία από την ανεπαρκή διαχείριση των απορριμμάτων.

Κοινωνικές και Οικονομικές πτυχές:

- Ανάλυση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων της κακής διαχείρισης απορριμμάτων:

Η κακή διαχείριση των απορριμμάτων επεκτείνει τις επιπτώσεις της πέρα από το περιβάλλον, επηρεάζοντας τον κοινωνικοοικονομικό ιστό των αστικών κοινοτήτων. Αυτή η ενότητα εξετάζει εξονυχιστικά τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, προσφέροντας πληροφορίες για το πώς οι ανεπαρκείς πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων και την τοπική οικονομία.

- Πώς η διαχείριση των απορριμμάτων επηρεάζει τη διαβίωση των κατοίκων και την τοπική οικονομία:

Εξετάζοντας τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των πρακτικών διαχείρισης απορριμμάτων στα μέσα διαβίωσης των κατοίκων των πόλεων και στην οικονομική ζωτικότητα των τοπικών κοινωνιών, αυτή η υποενότητα υπογραμμίζει την περίπλοκη σχέση μεταξύ της αποτελεσματικής διαχείρισης των απορριμμάτων και της ευημερίας των ατόμων και της ευρύτερης κοινότητας.

Βέλτιστες πρακτικές και μελέτες περιπτώσεων:

- Ανάδειξη επιτυχημένων στρατηγικών και πρωτοβουλιών διαχείρισης απορριμμάτων ανά πόλεις:

Αυτή η ενότητα χρησιμεύει ως φάρος, προβάλλοντας πόλεις που έχουν αντιμετωπίσει με επιτυχία τις προκλήσεις της διαχείρισης απορριμμάτων. Με την προβολή βέλτιστων πρακτικών και επιτυχημένων πρωτοβουλιών, ο στόχος είναι να αποσταχθούν βασικά μαθήματα που μπορούν να ενημερώσουν και να εμπνεύσουν αποτελεσματικές προσεγγίσεις διαχείρισης απορριμμάτων σε διάφορα αστικά περιβάλλοντα.

Κεφάλαιο 2

Ανασκόπηση

2.1. Ιστορικό πλαίσιο διαχείρισης απορριμμάτων σε πόλεις

Η ιστορική εξέλιξη της διαχείρισης απορριμμάτων στις αστικές περιοχές παρέχει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την εξέλιξη των κοινωνικών στάσεων, τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις δομές διακυβέρνησης. Στην αρχαιότητα, η διάθεση των απορριμμάτων βασιζόταν συχνά σε απλοϊκές μεθόδους όπως η ανοιχτή απόρριψη ή η στοιχειώδης αποτέφρωση. Η μετάβαση από τις αγροτικές στις αστικές κοινωνίες σημείωσε μια αλλαγή στις πρακτικές σύνθεσης και διαχείρισης των απορριμμάτων.

Σε αρχαίους πολιτισμούς όπως η Ρώμη και η Αθήνα, καθιερώθηκαν υποτυπώδη συστήματα διάθεσης απορριμμάτων, χρησιμοποιώντας καθορισμένες περιοχές για τη συσσώρευση απορριμμάτων. Η μεσαιωνική περίοδος είδε την εμφάνιση οργανωμένων υπηρεσιών συλλογής απορριμμάτων σε ορισμένες ευρωπαϊκές πόλεις, λόγω της ανάγκης μετριασμού των κινδύνων για την υγεία που προκύπτουν από την άναρχη διάθεση απορριμμάτων. Ωστόσο, ήταν κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης που τα αστικά κέντρα γνώρισαν μια σημαντική αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων, κάτι που απαιτούσε πιο εξελιγμένες στρατηγικές διαχείρισης απορριμμάτων [1].



Εικόνα 1: Ιστορικό πλαίσιο διαχείρισης απορριμμάτων

Τα τέλη του 19ου αιώνα σηματοδότησε την εμφάνιση των υπηρεσιών συλλογής αστικών απορριμμάτων, αντανακλώντας την αυξανόμενη συνειδητοποίηση των επιπτώσεων στη δημόσια υγεία που συνδέονται με την ανθυγιεινή διάθεση απορριμμάτων. Ο 20ός αιώνας υπήρξε μάρτυρας της άνοδος της υγειονομικής ταφής και της αποτέφρωσης ως κυρίαρχες μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων, με γνώμονα τις τεχνολογικές εξελίξεις. Ωστόσο, αυτές οι πρακτικές προκάλεσαν επίσης περιβαλλοντικές ανησυχίες, ανοίγοντας το δρόμο για την εξερεύνηση των τεχνολογιών ανακύκλωσης και μετατροπής των αποβλήτων σε ενέργεια.

2.2. Πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων, προκλήσεις και καινοτομίες

Οι σύγχρονες πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων είναι ποικίλες και πολύπλευρες, αντανακλώντας την πολυπλοκότητα της σύγχρονης αστικής ζωής. Τα συστήματα συλλογής αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) είναι μια θεμελιώδης πτυχή, που περιλαμβάνει την παραλαβή από το πεζοδρόμιο, τα κέντρα απόρριψης και τις πρωτοβουλίες ανακύκλωσης. Η υγειονομική ταφή, αν και διαδεδομένη, ελέγχεται όλο και περισσότερο λόγω περιβαλλοντικών ανησυχιών και λειψυδρίας. Οι τεχνολογίες απόβλητου σε ενέργεια, όπως η αποτέφρωση και η αναερόβια χώνευση, έχουν κερδίσει την έλξη ως βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις.

Προκλήσεις:

Οι προκλήσεις που ενυπάρχουν στη διαχείριση των απορριμμάτων είναι περίπλοκες και δυναμικές. Η αστικοποίηση έχει εντείνει την παραγωγή απορριμμάτων, καταπονώντας τις υπάρχουσες υποδομές. Οι ακατάλληλες πρακτικές διάθεσης, ο ανεπαρκής διαχωρισμός των απορριμμάτων και η περιορισμένη ευαισθητοποίηση του κοινού συμβάλλουν στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος [2]. Οι οικονομικές εκτιμήσεις, οι νομοθετικές πολυπλοκότητες και οι κοινωνικοπολιτιστικοί παράγοντες επιδεινώνουν περαιτέρω τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων παγκοσμίως.

Καινοτομίες:

Ως απάντηση σε αυτές τις προκλήσεις, έχουν προκύψει καινοτομίες στη διαχείριση απορριμμάτων. Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν διευκολύνει την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων, που ενσωματώνουν αισθητήρες και αναλύσεις δεδομένων για βελτιστοποιημένες διαδρομές συλλογής και αποτελεσματικότητα. Οι τεχνολογίες ανακύκλωσης συνεχίζουν να εξελίσσονται, με έμφαση στις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Νέες προσεγγίσεις, όπως η χρήση της βιοενέργειας που προέρχεται από τα απόβλητα και η εφαρμογή αποκεντρωμένων συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων, επιδεικνύουν τη δέσμευση του κλάδου στη βιωσιμότητα.



Εικόνα 2: Καινοτόμοι Κάδοι

Η ενοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) έχει φέρει επανάσταση στη διαχείριση απορριμμάτων, προσφέροντας παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, αλγόριθμους βελτιστοποίησης και πλατφόρμες δημόσιας δέσμευσης [3]. Επιπλέον, οι πρωτοβουλίες που βασίζονται στην κοινότητα και οι εκστρατείες ευαισθητοποίησης συμβάλλουν στην αλλαγή της κοινωνικής στάσης απέναντι στα απόβλητα. Οι καινοτομίες στη διαχείριση απορριμμάτων όχι μόνο αντιμετωπίζουν τις τρέχουσες προκλήσεις, αλλά προβλέπουν και μελλοντικές ανάγκες, ευθυγραμμιζόμενες με τους ευρύτερους στόχους της αειφορίας και της περιβαλλοντικής διαχείρισης.

2.3. Ανάλυση μελετών με επιτυχημένα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων και προσδιορισμός κενών και πιθανές λύσεις όπου μπορεί να προσφέρει η εφαρμογή

Η διαχείριση αποβλήτων αναφέρεται σε εκείνες τις δραστηριότητες και ενέργειες που απαιτούνται για να κυριαρχήσουν από την αρχή έως την κατεδάφιση. Τα απόβλητα μπορεί να είναι αέρια, υγρά ή στερεά. Αρκετός αριθμός διαδικασιών εφαρμόζεται για την αντιμετώπιση όλων των τύπων αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των βιολογικών, βιομηχανικών και οικιακών [4]. Τα οικιακά απορρίμματα μπορεί να είναι χαρτόνια, πλαστικά, χαρτιά, ποτήρια, βιολογικά απόβλητα κ.λπ. Σε οικιακές δραστηριότητες, κανένα σκουπίδι δεν μπορεί να ανακυκλωθεί ή να ταξινομηθεί σε βιολογικά ή υλικά. Μετά την EUROSTAT, 56% ή 423 εκατομμύρια τόνοι απορριμμάτων που παράγονται στο εσωτερικό ανακυκλώθηκαν το 2016 στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Και πάλι, το 24% ή 179 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων που δημιουργήθηκαν σε τοπικό επίπεδο χωματερήθηκαν το 2016 στην Ευρωπαϊκή Ένωση [4]. Οι εκθέσεις δείχνουν αξιοσημείωτα πώς απαιτείται σωστή διαχείριση των οικιακών απορριμμάτων για τη διαδικασία ανακύκλωσης. Εάν συνδέσουμε το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων και τη σύγχρονη τεχνολογία, το αποτέλεσμα θα είναι αμέτρητο. Η επαρκής εποπτεία των αποβλήτων έχει ως αποτέλεσμα ένα φιλικό βιολογικό περιβάλλον [5].

Η Μηχανική Μάθηση (ML) αναφέρεται σε μια σημαντική λειτουργία της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) που επιτρέπει σε ένα σύστημα τη δυνατότητα να μαθαίνει και να λαμβάνει

την απόφαση αυτόματα χωρίς να έχει ρητή εντολή. Η μηχανική μάθηση είναι μια επιστημονική μελέτη ορισμένων στατιστικών μοντέλων και αλγορίθμων. Λόγω της προσφοράς των πιο εξαιρετικών χαρακτηριστικών στον υπολογιστή, η δημοτικότητα του ML έχει φτάσει στην υψηλότερη κορυφή [6][2]. Σύμφωνα με πρόσφατες στατιστικές της Tractica δείχνει ότι η ανάπτυξη της αγοράς τεχνολογίας ML και AI ήταν 1,4 δισεκατομμύρια δολάρια το 2016 και η αύξηση θα αυξηθεί κατά 59,8 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το έτος 2025. Αυτά τα στατιστικά δείχνουν σαφώς τη δημοτικότητα των εφαρμογών που βασίζονται σε ML. Ομοίως, η βαθιά μάθηση είναι ένα ουσιαστικό μέρος της μηχανικής μάθησης [7]. Το συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο (CNN) είναι μια σημαντική κατηγορία βαθιών νευρωνικών δικτύων, πιο συγκεκριμένα, βαθιάς μάθησης. Το CNN παρουσιάζει τεράστια πρόοδο στην αναγνώριση εικόνας. Γενικά, εφαρμόζονται για την αξιολόγηση οπτικών εικόνων και συχνά λειτουργούν δίπλα στην ταξινόμηση εικόνας. Μπορούν να εντοπιστούν στον πυρήνα των πάντων, από τις ετικέτες φωτογραφιών του Facebook έως τα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα. Δουλεύουν σκληρά στα παρασκήνια σε οτιδήποτε, από την υγειονομική περίθαλψη έως την ασφάλεια [8].



Εικόνα 3: AI and Visual

Από την άλλη πλευρά, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αναφέρεται σε ένα σύστημα διασυνδεδεμένων συσκευών, ψηφιακής ή συχνά κάποια αναλογικής μηχανής που εμπλουτίζει τη δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μέσω ενός δικτύου πέρα από τις απαιτούμενες αλληλεπιδράσεις ανθρώπου με υπολογιστή. Μια στατιστική για το IoT υπολόγισε ότι κατά μέσο όρο έως και 127 νέες συσκευές IoT συνδέονται με δημόσια δίκτυα κάθε δευτερόλεπτο [9]. Μετά την ταχεία ανάπτυξη, 328 εκατομμύρια πράγματα συνδέονται κάθε μήνα. Αυτά τα στατιστικά δείχνουν πώς το IoT θα γίνει σημαντικό στη σύγχρονη πληροφορική. Καθώς η δημοτικότητα του IoT αυξάνεται μέρα με τη μέρα, η επιχειρηματική αγορά του IoT έχει επίσης αυξηθεί. Οι στατιστικές υπολόγισαν ότι η παγκόσμια αγορά IoT θα είναι 151,2 δισεκατομμύρια δολάρια το 2023 μόνο στους τομείς των έξυπνων σπιτιών. Ολόκληρη η αγορά IoT μπορεί να ταξινομηθεί σε διάφορους κλάδους, όπως η αγορά υγείας, οι τραπεζικές και χρηματοπιστωτικές

συναλλαγές και οι τύποι εξοπλισμού εκπαίδευσης και κατάρτισης [10]. Οι ερευνητές πιστεύουν ότι όλες οι ψηφιακές και αναλογικές συσκευές θα τεθούν υπό τον έλεγχο του IoT τα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα με το STATISTA, η προβλεπόμενη αγορά του IoT θα είναι 1,1 τρισεκατομμύρια δολάρια το έτος 2023. Αυτά τα στατιστικά στοιχεία σημειώνουν σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο το IoT παίζει ζωτικό ρόλο στον ψηφιακό κόσμο [10].

Το προτεινόμενο σύστημα εφαρμόζει ένα έξυπνο σύστημα όπου οι χρήστες μπορούν να λάβουν τις απαραίτητες προφυλάξεις για το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων. Οι συνεισφορές της εργασίας είναι οι εξής:

▪ Ένας μοναδικός τρόπος συνδυασμού δύο τεχνολογιών, δηλαδή του IoT και των παραδειγμάτων βαθιάς μάθησης, είναι να εξασφαλιστεί μια βέλτιστη λύση στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων.

▪ Ένας έξυπνος τρόπος για να ταξινομήσετε βιολογικά απόβλητα και μη βιολογικά απόβλητα μέσω ταξινόμησης εικόνας χρησιμοποιώντας βαθιά μάθηση.

▪ Μια διαδικασία αρχιτεκτονικής ανάπτυξης έξυπνου κάδου απορριμμάτων χρησιμοποιώντας αισθητήρα υπερήχων, αισθητήρα μέτρησης φορτίου και μικροελεγκτή.

▪ Ένας έξυπνος τρόπος παρακολούθησης των αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο που πραγματοποιείται μέσω επικοινωνίας Bluetooth για μικρής εμβέλειας και τεχνολογίας IoT για μεγάλης εμβέλειας χρησιμοποιώντας εφαρμογή Android.



Εικόνα 4: AI και συλλογή απορριμμάτων

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει προηγούμενες εργασίες που σχετίζονται με το προτεινόμενο μοντέλο. Πολλοί μεγάλοι συντελεστές είχαν τοποθετήσει ένα σημαντικό ίχνος στον τομέα της μηχανικής μάθησης και του IoT στη διαχείριση των αποβλήτων [11]. Σε μεταγενέστερη εργασία, οι συγγραφείς είχαν αναπτύξει ένα σύστημα ταξινόμησης αποβλήτων χρησιμοποιώντας επεξεργασία εικόνας και Convolutional Neural Network (CNN). Στη δουλειά τους, είχαν επικεντρωθεί μόνο στην ανίχνευση πολυαιθυλενίου. Οι συγγραφείς είχαν επίσης πραγματοποιήσει αρκετούς αριθμούς πειραμάτων για τον εντοπισμό τερεφθαλικού, πολυαιθυλενίου, πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας, πολυπροπυλενίου και

πολυστυρολίου. Σε μια μελέτη, οι συγγραφείς είχαν χρησιμοποιήσει το Capsule Neural Network (Capsule-Net) για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, το οποίο ήταν ικανό να ανιχνεύει πλαστικά και μη πλαστικά υλικά [6]. Οι συγγραφείς είχαν δουλέψει σε δύο δημόσια σύνολα δεδομένων και βρήκαν την ακρίβεια του 96,3% και του 95,7%. Η πλήρης ενσωμάτωση αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε σε διάφορες συσκευές υλικού. Σε μια μελέτη χαρτιού, ο συγγραφέας είχε προτείνει ένα μοναδικό μοντέλο ταξινόμησης για τον προσδιορισμό των τύπων απορριμμάτων χρησιμοποιώντας μηχανισμούς βαθιάς εκμάθησης. Το σύστημα εφαρμόστηκε επίσης για την ανακύκλωση σκουπιδιών. Το χαρτί είχε προτείνει ένα σχέδιο όπου ένα μοντέλο βαθιάς μάθησης αναγνώριζε αυτόματα τα σκουπίδια [6]. Οι συγγραφείς υποστήριξαν επίσης ότι το μοντέλο εφαρμόστηκε επίσης στην ταξινόμηση ανακυκλωμένων αποβλήτων. Οι συντάκτες της εργασίας είχαν παρουσιάσει τη μέθοδο ταξινόμησης των αποβλήτων χρησιμοποιώντας ένα προ-εκπαιδευμένο μοντέλο CNN, πανομοιότυπο γνωστό ως ResNet-50 και Support Vector Machine (SVM). Η ακρίβεια του μοντέλου ήταν 87%, το οποίο δοκιμάστηκε σε δημόσιο σύνολο δεδομένων. Σε χαρτί, οι συγγραφείς είχαν ερευνήσει ένα νέο σύστημα αναγνώρισης και ταξινόμησης αποβλήτων ηλεκτρονικών, γνωστό ως ηλεκτρονικό απόβλητο. Το μοντέλο χρησιμοποίησε ένα μοντέλο CNN για ταξινόμηση και ένα μοντέλο RCNN για να εντοπίσει διάφορους τύπους ηλεκτρονικών αποβλήτων.

Οι συγγραφείς παρακολούθησαν την ακρίβεια της ανίχνευσης και της ταξινόμησης που κυμαινόταν από 90 έως 97%. Οι συγγραφείς του χαρτιού είχαν επικεντρώσει μόνο τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των συστημάτων ταξινόμησης σκουπιδιών χρησιμοποιώντας ένα σύστημα βαθιάς μάθησης, αλλά η διαχείριση των αποβλήτων με IoT δεν προτάθηκε. Σε χαρτί, οι συγγραφείς εισήγαγαν έναν σημαντικό τρόπο αυτοματοποιημένης, ισχυρής διαδικασίας διαχείρισης αποβλήτων. Απεικόνισαν έναν έξυπνο κάδο απορριμμάτων που ορίστηκε από τον αισθητήρα υπερήχων και αρκετούς αριθμούς αισθητήρων αερίου. Είχαν επίσης προτείνει μια προβολή των αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας διακομιστή cloud και εφαρμογή Android. Και πάλι, δεν είχαν χρησιμοποιηθεί προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης [12][6].

Σε μια μελέτη χαρτιού, ο συγγραφέας παρουσίασε έναν οικονομικά αποδοτικό και έξυπνο κάδο απορριμμάτων για να εξασφαλίσει τη διαχείριση των απορριμμάτων. Λόγω της θέσης του συστήματος σε λειτουργία IoT, οι συγγραφείς είχαν προσθέσει μια σειρά συσκευών όπως το Arduino nano, αισθητήρα υπερήχων και μια μονάδα GSM. Όταν το επίπεδο αποβλήτων ξεπέρασε ένα ελάχιστο όριο, το σύστημα θα έστελνε ένα SMS στον αριθμό κινητού του χρήστη χρησιμοποιώντας τη μονάδα GSM. Το σύστημα εμπλουτίστηκε με αισθητήρα κίνησης PIR και κάρτα μνήμης που ήταν υπεύθυνη για την εκχώρηση ηχητικού μηνύματος στους χρήστες. Ο συγγραφέας ισχυρίστηκε επίσης ότι η απόδοση του προτεινόμενου συστήματος ήταν ικανοποιητική. Οι συντάκτες της έρευνας, είχαν σχεδιάσει έναν τρόπο διαχείρισης απορριμμάτων για την έξυπνη πόλη. Το προτεινόμενο μοντέλο ήταν οικονομικά αποδοτικό και μειωτικό χρόνου. Στο άρθρο, οι συγγραφείς εφάρμοσαν μια λύση για τη βελτίωση της συλλογής αποβλήτων και σχεδίασαν ένα μοντέλο βασισμένο στο IoT χρησιμοποιώντας Raspberry pi και αισθητήρα υπέρυθρων [13]. Ο διαχειριστής του συστήματος ήταν υπεύθυνος για τον προγραμματισμό και τη δρομολόγηση για τη βελτίωση της συλλογής απορριμμάτων.

Οι συγγραφείς σχεδίασαν έναν έξυπνο κάδο απορριμμάτων που ήταν ικανός να ανιχνεύσει το επίπεδο των απορριμμάτων. Το προτεινόμενο μοντέλο βασίστηκε ταυτόσημα σε Wi-Fi και διακομιστή ιστού. Είχαν χρησιμοποιήσει έναν υπέρυθρο αισθητήρα μέτρησης απόστασης για να βρουν το κενό επίπεδο του κάδου απορριμμάτων. Το αντίστοιχο αποτέλεσμα και τα δεδομένα στάλθηκαν μέσω διακομιστή ιστού σε μια εφαρμογή Android. Σε μια άλλη μελέτη, οι συγγραφείς είχαν επίσης εισαγάγει έναν έξυπνο κάδο απορριμμάτων

χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό του IoT και του Raspberry pi. Οι συντάκτες της έρευνας είχαν εφαρμόσει ένα έξυπνο σύστημα σκουπιδιών με βάση το IoT για να μειώσουν την ποσότητα των απορριμμάτων τροφίμων. Οι συγγραφείς είχαν χρησιμοποιήσει τεχνολογία πλέγματος για να θέσουν όλα τα εξαρτήματα υπό έλεγχο [13]. Το προτεινόμενο μοντέλο ενσωματώθηκε με δρομολογητή και διακομιστή για τη συλλογή και ανάλυση των πληροφοριών για τροφική δηλητηρίαση. Μετά από επιτυχημένη δοκιμή σε πολλά πειράματα, η ποσότητα των απορριμμάτων τροφίμων μειώθηκε κατά 33%. Οι συνεισφορές των εργασιών είχαν προτείνει την ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης αποβλήτων με βάση το IoT, αλλά οι συγγραφείς δεν παρείχαν κανένα δομικό σχέδιο του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων χρησιμοποιώντας την ορολογία του παραδείγματος βαθιάς μάθησης. Ο συγγραφέας του εγγράφου είχε παρουσιάσει ένα ρομπότ συλλογής απορριμμάτων που θα μπορούσε να κινηθεί στο έδαφος [13]. Είχαν ισχυριστεί ότι η προτεινόμενη αρχιτεκτονική εντόπισε τα σκουπίδια με ακρίβεια χρησιμοποιώντας μηχανισμούς βαθιάς εκμάθησης. Η ακρίβεια του αναπτυγμένου πρωτοτύπου ήταν 95% στην ανίχνευση αποβλήτων. Σε χαρτί, ο συγγραφέας είχε προτείνει ένα καινοτόμο ρομπότ καθαρισμού δαπέδου. Το αναπτυγμένο μοντέλο είχε χρησιμοποιήσει ένα ασαφές σύστημα συμπερασμάτων για να διαπιστώσει την αντιστάθμιση μεταξύ της κάλυψης της περιοχής και της κατανάλωσης ενέργειας μιας κεραμοσκεπής [13].



Εικόνα 5: Smart City and Smart Waste Management

Το μοντέλο φιλοξενούσε ένα σταθμισμένο μοντέλο αθροίσματος (WSM) βασισμένο στη λήψη αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) ανά προτίμηση χρήστη που απεικονίζεται από ένα ασαφές σύστημα συμπερασμάτων. Στη μελέτη αυτή, οι συγγραφείς είχαν παρουσιάσει ένα πρωτότυπο ρομπότ διαχείρισης αποβλήτων χρησιμοποιώντας βαθιά μάθηση και ασαφή συμπερασματικό σύστημα αντίστοιχα, αλλά δεν ζητήθηκε συνεισφορά στο IoT.

Αναφέρεται ότι το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού, άνω των έξι δισεκατομμυρίων ανθρώπων, θα αρχίσει να κατοικεί σε πόλεις και περιοχές έως το 2050. Υπάρχει λοιπόν απαίτηση οι πόλεις να είναι έξυπνες, κάτι που προσφέρει πλατφόρμες που επιτρέπουν επαρκείς παροχές υπηρεσιών και υποδομές για την επίτευξη οικονομικής ανάπτυξης, κοινωνικής και περιβαλλοντικής ευημερίας στους κατοίκους, τους εργαζόμενους και τους επισκέπτες [14]. Το Internet of Things (IoT) και οι εφαρμογές τους έχουν αποκτήσει σημασία στις λύσεις Smart City. Επομένως, για να αντιμετωπιστεί η τόσο μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού, οι πόλεις πρέπει να

αυτοματοποιηθούν για τις διάφορες υπηρεσίες της. Το έργο θα πάρει πρώτα ως μοντέλο την πόλη Siliguri. Το Siliguri είναι η κύρια εμπορική πόλη της βόρειας Βεγγάλης και πύλη της βορειοανατολικής Ινδίας.

Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του συστήματος, λαμβάνονται υπόψη ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του έξυπνου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων. Ο έξυπνος κάδος απορριμμάτων που βασίζεται σε αισθητήρες θα εκτιμούσε το επίπεδο των αποβλήτων και θα έστελνε την ειδοποίηση απευθείας στη δημοτική εταιρεία. Σύμφωνα με το γεμάτο επίπεδο του κάδου απορριμμάτων και τη δημιουργία τρομακτικής μυρωδιάς, το σύστημα μεταφοράς από τη δημοτική εταιρεία θα επέλεγε τα οχήματα πιο κοντά στους γεμάτους κάδους απορριμμάτων [15]. Το σύστημα λειτουργεί συλλέγοντας δεδομένα από αισθητήρες, μεταφέροντας τα σε απομακρυσμένους διακομιστές όπου αποθηκεύονται, υποβάλλονται σε επεξεργασία και χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση, την εποπτεία και τελικά τη λήψη έξυπνων αποφάσεων για τη διαχείριση υποδομής ή υπηρεσιών.

Όταν η διανομή και η χρήση των αισθητήρων γίνεται τεράστια, τα δεδομένα συγκεντρώνονται, επεξεργάζονται, αποθηκεύονται και συνδέονται άμεσα με μεγάλα δεδομένα. Τα μεγάλα δεδομένα δημιουργούν νέες επιχειρήσεις και δεδομένα σε αυτό το θέμα, τα οποία συχνά θεωρούνται τα πιο πολύτιμα πράγματα. Τα ανοιχτά δεδομένα καθορίζονται από τη χρήση τους, η οποία λειτουργεί ως προωθητής τεχνολογιών μεγάλων δεδομένων, όπως το IoT [15]. Συνεπώς, η ενοποίηση δύο πραγμάτων ως μέρος των φυσικών συστημάτων στον κυβερνοχώρο αυξάνει την ισχύ ενός μεγάλου φάσματος προηγμένων λύσεων έξυπνης πόλης. Vicentini et al. και Nuortio et al. έχουν παρουσιάσει ευαισθητοποιημένο δοχείο συλλογής απορριμμάτων για εκτίμηση περιεχομένου και βελτιστοποίηση συλλογής, αλλά δεν έχουν λάβει υπόψη κανένα νέο προηγμένο πληροφοριακό σύστημα βασισμένο στο διαδίκτυο. Σήμερα ο συνδυασμός έξυπνων τηλεφώνων και διαδικτύου ενισχύει τις δυνατότητες της τεχνολογίας των πληροφοριών σε μεγάλο βαθμό. Το έργο χρησιμοποιεί μια ειδική εφαρμογή για το σκοπό αυτό.

Χρησιμοποιώντας αυτήν την εφαρμογή, η δημοτική εταιρεία αποφασίζει ποιος κάδος απορριμμάτων θα καθαριστεί πρώτα. Έτσι, τα κύρια συστατικά του προτεινόμενου συστήματος είναι αισθητήρες, μικροελεγκτής Arduino, μονάδα Wi-Fi, διακομιστής cloud και ειδική εφαρμογή [16]. Με λίγα λόγια, η πρόθεσή μας είναι να δημιουργήσουμε μια λύση στο πλαίσιο της βελτιστοποίησης της συλλογής απορριμμάτων κάνοντας καλύτερη δρομολόγηση συλλογής με τα οφέλη της παροχής κάποιου είδους ευφυΐας στους κάδους απορριμμάτων και τη βελτιστοποίηση της επιλογής των οποίων δοχείων πρέπει να συλλέγονται καθημερινά.

Σε αυτήν την εργασία, θεωρήθηκε ότι ο αισθητήρας επιπέδου υπερήχων χρειάζεται για να αντιληφθεί το επίπεδο αποβλήτων σε έναν κάδο απορριμμάτων, επειδή κατά τη διάρκεια του πειράματος διαπιστώθηκε ότι οι αισθητήρες υπερήχων παρέχουν μεγαλύτερη εμβέλεια από τους αισθητήρες IR. Διαπιστώθηκε επίσης ότι οι αισθητήρες IR επηρεάζονται από το φως του ήλιου, το χρώμα του αντικειμένου και τη σκληρότητα του αντικειμένου [17]. Το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να ανιχνεύσει το επίπεδο αποβλήτων και την ένταση του βιοαερίου που παράγεται στην δημοτική περιοχή. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από αισθητήρες αποστέλλονται μέσω διαδικτύου σε διακομιστή όπου αποθηκεύονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την παρακολούθηση των κάδων απορριμμάτων και η σωστή απόφαση λαμβάνεται επιλέγοντας τον σωστό κάδο απορριμμάτων που πρόκειται να παραληφθεί [17]. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος είναι ότι σχεδιάζεται να διδαχθούμε από την εμπειρία και να βγάλουμε συμπεράσματα όχι μόνο για την κατάσταση του καθημερινού επιπέδου αποβλήτων αλλά και για την πρόβλεψη της μελλοντικής κατάστασης, διαθεσιμότητα οχήματος κοντά στο χώρο και

άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν. Η πιθανότητα να γεμίσει ένας κάδος απορριμμάτων αναλύεται ανάλογα με τα προηγούμενα δεδομένα και προβλέπεται η υπερχείλιση του κάδου απορριμμάτων πριν συμβεί [17].

Κεφάλαιο 3

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

3.1. Περιβαλλοντικές συνέπειες της ανεπαρκούς διαχείρισης αποβλήτων

Η ανεπαρκής διαχείριση των αποβλήτων έχει σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες, δημιουργώντας έναν καταρράκτη επιβλαβών επιπτώσεων που εκτείνονται σε όλα τα οικοσυστήματα. Η ακατάλληλη διάθεση και η έλλειψη αποτελεσματικής επεξεργασίας των αποβλήτων οδηγούν στην απελευθέρωση ρύπων στο περιβάλλον. Αυτή η μόλυνση θέτει σε κίνδυνο την ποιότητα του εδάφους, εμποδίζοντας την ικανότητά του να υποστηρίζει τη ζωή των φυτών και τις γεωργικές δραστηριότητες. Τα στραγγίσματα από χωματερές, που συχνά περιέχουν επικίνδυνες ουσίες, μπορούν να διεισδύσουν στα υπόγεια ύδατα, θέτοντας σε κίνδυνο την καθαρότητά τους και θέτοντας μακροπρόθεσμους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία.

Ο ανεξέλεγκτος πολλαπλασιασμός των απορριμμάτων έχει επίσης ως αποτέλεσμα την εξάντληση των φυσικών πόρων. Η εξόρυξη πρώτων υλών για την παραγωγή αγαθών μιας χρήσης συμβάλλει στην καταστροφή των οικοτόπων και στην απώλεια βιοποικιλότητας. Επιπλέον, οι ενεργοβόρες διεργασίες που σχετίζονται με την παραγωγή και τη διάθεση των απορριμμάτων συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, επιδεινώνοντας την κλιματική αλλαγή.

3.2. Πιθανές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και του νερού, την άγρια ζωή και τη δημόσια υγεία

- **Ποιότητα αέρα:**

Η ανεπαρκής διαχείριση των αποβλήτων επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του αέρα μέσω της έκλυσης διαφόρων ρύπων. Η ανοιχτή καύση απορριμμάτων, μια κοινή πρακτική σε ορισμένες περιοχές, απελευθερώνει σωματίδια, διοξίνες και άλλες επιβλαβείς ενώσεις στον αέρα. Αυτοί οι ρύποι μπορεί να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην αναπνευστική υγεία, επιδεινώνοντας καταστάσεις όπως το άσθμα και συμβάλλοντας στη συνολική υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα στα αστικά περιβάλλοντα.

Η ανοιχτή καύση δημιουργεί σωματίδια (PM), που αποτελούνται από μικροσκοπικά σωματίδια αιωρούμενα στον αέρα. Αυτά τα σωματίδια ποικίλλουν σε μέγεθος, με τα λεπτά σωματίδια (PM2,5) και τα χονδροειδή σωματίδια (PM10) να προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία. Η καύση των αποβλήτων υλικών παράγει αερολύματα και τέφρα που περιέχει PM, τα οποία, όταν εισπνέονται, μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα. Τα λεπτά σωματίδια, λόγω του μικρότερου μεγέθους τους, έχουν συνδεθεί με διάφορα αναπνευστικά και

καρδιαγγειακά προβλήματα, όπως το άσθμα, η βρογχίτιδα, ακόμη και οι καρδιαγγειακές παθήσεις [18].

Η διαδικασία της καύσης των απορριμμάτων απελευθερώνει διοξίνες, φουράνια και άλλες επιβλαβείς ενώσεις, πολλές από τις οποίες είναι έμμονοι οργανικοί ρύποι (POPs). Οι διοξίνες, ειδικότερα, είναι ιδιαίτερα τοξικές και μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Αυτές οι ενώσεις είναι γνωστό ότι βιοσυσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα, θέτοντας μακροπρόθεσμους κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου και του περιβάλλοντος. Η καύση πλαστικών, ειδικότερα, μπορεί να απελευθερώσει τοξίνες όπως πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) και πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH), συμβάλλοντας περαιτέρω στο επικίνδυνο μείγμα ρύπων που απελευθερώνονται στον αέρα.

Η εισπνοή αυτών των ατμοσφαιρικών ρύπων μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά προβλημάτων υγείας του αναπνευστικού. Άτομα που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα PM και τοξικών ενώσεων από ανοιχτή καύση μπορεί να εμφανίσουν ερεθισμό της αναπνευστικής οδού, επιδείνωση προϋπαρχουσών αναπνευστικών καταστάσεων και αυξημένο κίνδυνο αναπνευστικών λοιμώξεων. Η μακροχρόνια έκθεση σε αυτούς τους ρύπους έχει συσχετιστεί με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις, μειωμένη πνευμονική λειτουργία και αυξημένο κίνδυνο θνησιμότητας που σχετίζεται με το αναπνευστικό.



Εικόνα 6: Ποιότητα Αέρα

Η σωρευτική επίδραση της ανοιχτής καύσης στην ποιότητα του αέρα εκτείνεται πέρα από τις άμεσες επιπτώσεις στην υγεία. Η απελευθέρωση ρύπων συμβάλλει στη συνολική υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα των πόλεων, επιδεινώνοντας τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πυκνοκατοικημένες περιοχές. Η κακή ποιότητα του αέρα όχι μόνο εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία, αλλά επηρεάζει επίσης την ποιότητα ζωής των κατοίκων, επηρεάζει την οικονομική παραγωγικότητα και μπορεί να οδηγήσει σε ρυθμιστικά μέτρα για τον περιορισμό της ρύπανσης.

Συνοπτικά, η ανεπαρκής διαχείριση των απορριμμάτων, ειδικά μέσω της υπαίθριας καύσης, εισάγει ένα σύνθετο μείγμα ρύπων στον αέρα, με σωματίδια, διοξίνες και άλλες επιβλαβείς ενώσεις να διακυβεύουν σημαντικά την ποιότητα του αέρα. Οι συνέπειες εκτείνονται από τις άμεσες επιπτώσεις στην υγεία του αναπνευστικού έως τους μακροπρόθεσμους κινδύνους, τονίζοντας την κρίσιμη ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων για την προστασία τόσο της ανθρώπινης υγείας όσο και του αστικού περιβάλλοντος.

- **Ποιότητα νερού:**

Οι ακατάλληλες πρακτικές διάθεσης απορριμμάτων, ιδιαίτερα σε χώρους υγειονομικής ταφής, μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την έκπλυση ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Τα στραγγίσματα από απορρίμματα αποσύνθεσης περιέχουν ένα κοκτέιλ ρύπων, συμπεριλαμβανομένων βαρέων μετάλλων, οργανικών ενώσεων και παθογόνων παραγόντων. Αυτά τα στραγγίσματα μπορούν να μολύνουν πηγές νερού, θέτοντας κινδύνους για τα υδάτινα οικοσυστήματα και πιθανώς να εισέλθουν στην ανθρώπινη παροχή νερού. Ο αντίκτυπος στην ποιότητα των υδάτων εκτείνεται πέρα από την άμεση γειτνίαση με τον χώρο διάθεσης των απορριμμάτων, επηρεάζοντας τις κατάντη κοινότητες και οικοσυστήματα.

Η αποσύνθεση των απορριμμάτων στους χώρους υγειονομικής ταφής έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό στραγγισμάτων, ενός επιβλαβούς υγρού που διεισδύει στα στρώματα των συσσωρευμένων απορριμμάτων. Αυτό το στραγγιστήρι είναι ένα δυναμικό διάλυμα, που περιέχει μια ποικιλία μολυσματικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων (π.χ. μόλυβδος, υδράργυρος, κάδμιο), οργανικές ενώσεις (π.χ. φυτοφάρμακα, διαλύτες) και παθογόνα (π.χ. βακτήρια, ιοί) [19]. Η συγχώνευση αυτών των ουσιών εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους για την ποιότητα του νερού.

Τα στραγγίσματα, μόλις σχηματιστούν, έχουν τη δυνατότητα να διεισδύσουν στο περιβάλλον έδαφος και να μεταναστεύσουν τόσο σε επιφανειακά υδάτινα σώματα (όπως ποτάμια και λίμνες) όσο και σε υπόγειους υδροφορείς, θέτοντας σε κίνδυνο την ποιότητα αυτών των πηγών νερού. Η εισαγωγή ρύπων στα υδάτινα οικοσυστήματα μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή, διαταράσσοντας την οικολογική ισορροπία και τη βιοποικιλότητα. Επιπλέον, το μολυσμένο νερό μπορεί να εγκυμονεί άμεσους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία εάν εισέλθει στην ανθρώπινη παροχή νερού.

Το μολυσμένο νερό επηρεάζει αρνητικά τα υδάτινα οικοσυστήματα διαταράσσοντας τις φυσιολογικές λειτουργίες των υδρόβιων οργανισμών. Τα βαρέα μέταλλα, για παράδειγμα, μπορούν να συσσωρευτούν στους ιστούς των ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών, οδηγώντας σε βιοσυσσώρευση και βιομεγέθυνση εντός της τροφικής αλυσίδας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένες οικολογικές συνέπειες, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης των πληθυσμών των ψαριών, της αλλαγής της σύνθεσης των ειδών και της συνολικής υποβάθμισης των υδρόβιων οικοτόπων.



Εικόνα 7: Ποιότητα νερού

Η μόλυνση των πηγών νερού από στραγγίσματα από χωματερές με ακατάλληλη διαχείριση αποτελεί άμεση απειλή για την ανθρώπινη παροχή νερού. Εάν το μη επεξεργασμένο ή ανεπαρκώς επεξεργασμένο νερό εισέλθει στα δημοτικά συστήματα ύδρευσης, μπορεί να εκθέσει τις κοινότητες σε ασθένειες που μεταδίδονται με νερό, γαστρεντερικές ασθένειες και μακροπρόθεσμους κινδύνους για την υγεία που σχετίζονται με τη χρόνια έκθεση σε ρύπους.

Οι συνέπειες της ακατάλληλης διάθεσης απορριμμάτων στην ποιότητα του νερού εκτείνονται πέρα από την άμεση γειτνίαση με τον χώρο υγειονομικής ταφής. Το μολυσμένο νερό μπορεί να ρέει κατάντη, επηρεάζοντας κοινότητες, οικοσυστήματα και ακόμη μεγαλύτερα υδάτινα σώματα. Αυτή η διασύνδεση υπογραμμίζει τον ευρύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο των τοπικών πρακτικών διαχείρισης απορριμμάτων και τονίζει τη σημασία της υιοθέτησης ολιστικών και υπεύθυνων μεθόδων διάθεσης αποβλήτων.

Συμπερασματικά, η πιθανή επίδραση της ακατάλληλης διάθεσης αποβλήτων στην ποιότητα του νερού είναι ένα πολύπλευρο και αλληλένδετο ζήτημα, με τα στραγγίσματα από χωματερές να λειτουργούν ως αγωγός για ένα κοκτέιλ ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Η αναγνώριση της περίπλοκης σχέσης μεταξύ της διαχείρισης των αποβλήτων και της ποιότητας του νερού είναι επιτακτική ανάγκη για την προώθηση της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης και την προστασία τόσο των οικοσυστημάτων όσο και των ανθρώπινων πληθυσμών από τις εκτεταμένες συνέπειες της μόλυνσης των υδάτων.

- **Άγρια ζωή:**

Η άγρια ζωή επηρεάζεται βαθιά από την ανεπαρκή διαχείριση των απορριμμάτων. Οι ακατάλληλες μέθοδοι απόρριψης μπορεί να οδηγήσουν στην κατάποση πλαστικών και άλλων μη βιοαποδομήσιμων υλικών από ζώα, προκαλώντας βλάβη ή θάνατο. Οι χωματερές προσελκύουν οδοκαθαριστές, αλλοιώνοντας τα τοπικά οικοσυστήματα και μερικές φορές

οδηγούν σε υπερπληθυσμό ορισμένων ειδών, διαταράσσοντας τη φυσική ισορροπία. Οι χημικοί ρύποι από τα απόβλητα μπορούν επίσης να εισέλθουν στις τροφικές αλυσίδες, επηρεάζοντας την υγεία των πληθυσμών της άγριας ζωής και, σε ορισμένες περιπτώσεις, οδηγώντας σε μείωση των ειδών.

Οι ακατάλληλες μέθοδοι απόρριψης, ιδιαίτερα η επικρατούσα παρουσία πλαστικών και άλλων μη βιοαποδομήσιμων υλικών στο περιβάλλον, εκθέτουν την άγρια ζωή σε κίνδυνο κατάποσης. Τα ζώα μπορεί να καταναλώνουν κατά λάθος αντικείμενα που έχουν απορριφθεί, οδηγώντας σε σοβαρές συνέπειες όπως εσωτερικούς τραυματισμούς, μπλοκαρίσματα και, σε ακραίες περιπτώσεις, θάνατο [20]. Η κατάποση πλαστικού προκαλεί ιδιαίτερη ανησυχία, καθώς μπορεί να συσσωρευτεί στο πεπτικό σύστημα των ζώων, εμποδίζοντας την ικανότητά τους να τρώνε, οδηγώντας σε υποσιτισμό και σε κίνδυνο τη συνολική υγεία.



Εικόνα 8: Απορρίμματα

Οι χώροι υγειονομικής ταφής, συχνά ο τελικός προορισμός για τα ακατάλληλα διαχειριζόμενα απόβλητα, γίνονται ακούσιοι μαγνήτες για τους οδοκαθαριστές που αναζητούν τροφή ανάμεσα σε πεταμένα αντικείμενα. Η παρουσία αυτών των οδοκαθαριστών, συμπεριλαμβανομένων των πτηνών, των τρωκτικών και των μεγαλύτερων θηλαστικών, μεταβάλλει τα τοπικά οικοσυστήματα. Αυτή η εισροή οδοκαθαριστών μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχές στα φυσικά πρότυπα συμπεριφοράς, αλλαγές στη σύνθεση των ειδών και μερικές φορές σε υπερπληθυσμό ορισμένων ειδών, δημιουργώντας ανισορροπίες στην τοπική κοινότητα άγριας ζωής.

Οι χημικοί ρύποι που εκπλένονται από τα απόβλητα μπορούν να εισέλθουν στις τοπικές τροφικές αλυσίδες, θέτοντας μια διάχυτη απειλή για την υγεία της άγριας ζωής. Η απορρόφηση αυτών των μολυσματικών ουσιών από τα φυτά, τα έντομα και τα μικρότερα ζώα έχει ως αποτέλεσμα τη βιομεγέθυνση των ρύπων καθώς ανεβαίνουν στην τροφική αλυσίδα. Τα αρπακτικά σε υψηλότερα τροφικά επίπεδα μπορεί να συσσωρεύουν επικίνδυνα επίπεδα τοξινών, επηρεάζοντας την αναπαραγωγική τους επιτυχία, το ανοσοποιητικό σύστημα και τη συνολική βιωσιμότητά τους. Αυτή η διαδικασία μπορεί να έχει κλιμακωτά αποτελέσματα, επηρεάζοντας ολόκληρα οικοσυστήματα και συμβάλλοντας στην παρακμή ορισμένων ειδών.

Ο σωρευτικός αντίκτυπος της ανεπαρκούς διαχείρισης των απορριμμάτων στους πληθυσμούς της άγριας ζωής μπορεί να οδηγήσει στη μείωση των ειδών στα πληγέντα

οικοσυστήματα. Η άμεση βλάβη, οι αλλαγές στη συμπεριφορά και τα πρότυπα διατροφής και η έκθεση σε μολυσματικές ουσίες συμβάλλουν συλλογικά στη μείωση του πληθυσμού. Η παρακμή ορισμένων ειδών μπορεί να έχει κλιμακωτές επιπτώσεις σε ολόκληρο το οικοσύστημα, διαταράσσοντας την οικολογική ισορροπία και δυνητικά οδηγώντας σε ευρύτερη απώλεια βιοποικιλότητας.

Εκτός από την άμεση βλάβη σε μεμονωμένα ζώα, η ακατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων συμβάλλει στον κατακερματισμό των οικοτόπων και τις προκλήσεις διατήρησης. Καθώς οι βιότοποι της άγριας ζωής καταπατούνται από ακατάλληλα διαχειριζόμενα απόβλητα, τα φυσικά οικοσυστήματα διαταράσσονται, καθιστώντας δύσκολη την εύρεση κατάλληλων ενδιαιτημάτων και τη διατήρηση υγιών πληθυσμών για τα είδη. Αυτός ο κατακερματισμός μπορεί να απομονώσει πληθυσμούς, μειώνοντας τη γενετική ποικιλότητα και αυξάνοντας την ευπάθεια στις περιβαλλοντικές αλλαγές.

Συμπερασματικά, ο αντίκτυπος της ανεπαρκούς διαχείρισης των απορριμμάτων στην άγρια ζωή είναι βαθύς και πολύπλευρος, επηρεάζοντας μεμονωμένα ζώα, μεταβάλλοντας τα οικοσυστήματα και συμβάλλοντας σε ευρύτερες προκλήσεις βιοποικιλότητας. Η αναγνώριση της διασύνδεσης των πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων και της διατήρησης της άγριας ζωής είναι ζωτικής σημασίας για την προώθηση της βιώσιμης συνύπαρξης μεταξύ των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και του φυσικού περιβάλλοντος. Οι πρακτικές βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων δεν είναι μόνο απαραίτητες για την ανθρώπινη ευημερία, αλλά είναι αναπόσπαστο μέρος της διατήρησης της βιοποικιλότητας και της υγείας των οικοσυστημάτων του πλανήτη.

- **Δημόσια υγεία:**

Οι πιθανές συνέπειες της ανεπαρκούς διαχείρισης των απορριμμάτων στη δημόσια υγεία είναι πολύπλευρες. Ο μολυσμένος αέρας και το νερό μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ανθρώπινη υγεία, προκαλώντας αναπνευστικά προβλήματα, ασθένειες που μεταδίδονται με νερό και άλλες ασθένειες. Η παρουσία απορριμμάτων σε αστικές περιοχές μπορεί επίσης να προσελκύσει φορείς ασθενειών όπως οι αρουραίοι και τα κουνούπια, συμβάλλοντας στην εξάπλωση ασθενειών που μεταδίδονται από φορείς. Επιπλέον, η μακροχρόνια έκθεση σε περιβαλλοντικούς ρύπους από ακατάλληλα διαχειριζόμενα απόβλητα μπορεί να έχει χρόνιες επιπτώσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένων αυξημένων κινδύνων καρκίνου, αναπτυξιακών διαταραχών και άλλων παθήσεων.

Ο μολυσμένος αέρας και το νερό που προκύπτουν από ακατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων αποτελούν άμεσους κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Οι εισπνεόμενοι ρύποι από τον αέρα, όπως τα σωματίδια και οι τοξικές ενώσεις που απελευθερώνονται κατά την ανοιχτή καύση, μπορούν να προκαλέσουν ή να επιδεινώσουν αναπνευστικά προβλήματα. Οι υδατογενείς ρυπαντές, που προέρχονται από στραγγίσματα σε χώρους υγειονομικής ταφής με κακή διαχείριση, μπορούν να οδηγήσουν σε ασθένειες που μεταδίδονται με νερό, γαστρεντερικές λοιμώξεις και άλλες ασθένειες που σχετίζονται με το νερό [21].

Η παρουσία απορριμμάτων με ακατάλληλη διαχείριση σε αστικές περιοχές μπορεί να δημιουργήσει χώρους αναπαραγωγής για φορείς ασθενειών, όπως οι αρουραίοι και τα κουνούπια. Τα συσσωρευμένα απόβλητα παρέχουν ιδανικούς οικοτόπους για αυτούς τους φορείς, διευκολύνοντας τον πολλαπλασιασμό τους. Οι αρουραίοι, ειδικότερα, είναι γνωστοί φορείς διαφόρων ασθενειών, συμπεριλαμβανομένης της λεπτοσπείρωσης και του hantavirus, ενώ τα κουνούπια είναι φορείς για ασθένειες όπως ο δάγκειος πυρετός, η ελονοσία και ο ιός Zika. Η εγγύτητα των αποβλήτων στην ανθρώπινη κατοικία αυξάνει την πιθανότητα μετάδοσης ασθενειών, δημιουργώντας κινδύνους για τη δημόσια υγεία.

Η χρόνια έκθεση σε περιβαλλοντικούς ρύπους που προέρχονται από ακατάλληλα διαχειριζόμενα απόβλητα εγκυμονεί μόνιμους κινδύνους για την υγεία των κοινοτήτων. Η επίμονη έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους, συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων, των πτητικών οργανικών ενώσεων και άλλων ρύπων, σχετίζεται με μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία. Αυτή η χρόνια έκθεση έχει συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο αναπνευστικών ασθενειών, καρδιαγγειακών διαταραχών και δυσμενών αναπτυξιακών εκβάσεων, συμπεριλαμβανομένων των αναπτυξιακών διαταραχών στα παιδιά.

Ορισμένοι ρύποι που βρίσκονται σε ακατάλληλα διαχειριζόμενα απόβλητα, όπως οι επίμονοι οργανικοί ρύποι και οι καρκινογόνες ουσίες, μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο καρκίνου και άλλων χρόνιων παθήσεων. Η βιοσυσσώρευση αυτών των ουσιών στην τροφική αλυσίδα και τις πηγές νερού μπορεί να οδηγήσει σε παρατεταμένη έκθεση για τις κοινότητες, αυξάνοντας την ευαισθησία τους σε ασθένειες. Επιπλέον, η παρουσία επικίνδυνων υλικών στα απόβλητα, εάν δεν διαχειρίζεται επαρκώς, μπορεί να οδηγήσει σε τυχαία έκθεση, αυξάνοντας τον κίνδυνο οξέων επιπτώσεων στην υγεία.

Οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία από την ανεπαρκή διαχείριση των αποβλήτων εκτείνονται πέρα από τις ατομικές ανησυχίες για την υγεία σε ευρύτερες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Το αυξημένο κόστος υγειονομικής περίθαλψης, η μειωμένη παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού λόγω ασθένειας και η πίεση στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης υπογραμμίζουν τη διασυνδεδεμένη φύση της δημόσιας υγείας και των πρακτικών βιώσιμης διαχείρισης απορριμμάτων.

Συμπερασματικά, οι πολύπλευρες συνέπειες της ανεπαρκούς διαχείρισης των απορριμμάτων στη δημόσια υγεία υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη για ολοκληρωμένες και βιώσιμες στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση που να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τους άμεσους κινδύνους για την υγεία αλλά και τις ευρύτερες κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της ανεπαρκούς διαχείρισης των απορριμμάτων στις κοινότητες. Δίνοντας προτεραιότητα στη δημόσια υγεία στις πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων, μπορούμε να οικοδομήσουμε υγιέστερα και πιο ανθεκτικά αστικά περιβάλλοντα.

Η κατανόηση αυτών των πιθανών επιπτώσεων είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων στρατηγικών διαχείρισης αποβλήτων που δίνουν προτεραιότητα στη διατήρηση του περιβάλλοντος, τη δημόσια υγεία και την ευημερία τόσο των οικοσυστημάτων όσο και των ανθρώπινων πληθυσμών.

Κεφάλαιο 4

Κοινωνικές και οικονομικές πτυχές

4.1. Ανάλυση στις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της κακής διαχείρισης απορριμμάτων

Η κατανόηση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων της κακής διαχείρισης απορριμμάτων απαιτεί μια ολιστική εξέταση των επιπτώσεών τους τόσο στον κοινωνικό ιστό όσο και στην οικονομική ζωτικότητα των αστικών κοινοτήτων.

- ***Κοινωνικές Επιπτώσεις:***

Η ανεπαρκής διαχείριση των απορριμμάτων συμβάλλει στην υποβάθμιση της κοινωνικής ευημερίας. Η ακατάλληλη διάθεση απορριμμάτων έχει συχνά ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των απορριμμάτων σε δημόσιους χώρους, επηρεάζοντας αρνητικά την αισθητική και τη βιωσιμότητα των αστικών περιβαλλόντων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα άγχους στους κατοίκους και σε μειωμένη αίσθηση υπερηφάνειας της κοινότητας. Επιπλέον, η παρουσία μη διαχειριζόμενων απορριμμάτων μπορεί να συμβάλει σε κοινωνικές ανισότητες, επηρεάζοντας δυσανάλογα τις περιθωριοποιημένες κοινότητες με περιορισμένους πόρους για την αντιμετώπιση ή τον μετριασμό των συνεπειών.



Εικόνα 9: Κοινωνικές Επιπτώσεις

Επιπλέον, οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία από την κακή διαχείριση των απορριμμάτων, συμπεριλαμβανομένης της εξάπλωσης ασθενειών μέσω μολυσμένου νερού ή φορέων που προσελκύονται από τα απόβλητα, μπορούν να καταπονήσουν τα τοπικά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης [22]. Αυτό, με τη σειρά του, επηρεάζει τη συνολική ποιότητα ζωής και την ευημερία των κατοίκων.

- ***Οικονομικές επιπτώσεις:***

Από οικονομική άποψη, η κακή διαχείριση των απορριμμάτων επιβαρύνει σημαντικά τις κοινότητες. Το κόστος που σχετίζεται με τις δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης λόγω ασθενειών που σχετίζονται με τα απόβλητα, την περιβαλλοντική αποκατάσταση και τη διαχείριση μολυσμένων πηγών νερού επιβαρύνουν τους τοπικούς προϋπολογισμούς. Η μειωμένη αξία ακινήτων σε περιοχές με κακές πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των δημοτικών εσόδων από τους φόρους ιδιοκτησίας, επηρεάζοντας την οικονομική βιωσιμότητα των τοπικών κυβερνήσεων.



Εικόνα 10: Οικονομικές Επιπτώσεις

Επιπλέον, το οικονομικό δυναμικό του τουρισμού, του εμπορίου και της βιομηχανίας σε μια περιοχή μπορεί να παρεμποδιστεί από τις αντιαισθητικές και ανθυγιεινές συνθήκες που σχετίζονται με την ανεπαρκή διαχείριση των απορριμμάτων [23]. Οι πόλεις που αποτυγχάνουν

να διαχειριστούν αποτελεσματικά τα απόβλητα ενδέχεται να αντιμετωπίσουν προκλήσεις στην προσέλκυση επιχειρήσεων και επενδύσεων, επηρεάζοντας περαιτέρω την τοπική οικονομική ανάπτυξη.

4.2. Πώς η διαχείριση των απορριμμάτων επηρεάζει τη διαβίωση των κατοίκων και την τοπική οικονομία

- ***Τα προς το ζην των κατοίκων:***

Ο αντίκτυπος της διαχείρισης των απορριμμάτων στα μέσα διαβίωσης των κατοίκων είναι πολύπλευρος. Οι ακατάλληλες πρακτικές διάθεσης απορριμμάτων μπορούν να οδηγήσουν σε μόλυνση του εδάφους και των πηγών νερού, επηρεάζοντας τη γεωργική παραγωγικότητα [24]. Σε κοινότητες όπου η γεωργία αποτελεί σημαντική πηγή βιοπορισμού, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένες αποδόσεις, οικονομικές απώλειες και πιθανή επισιτιστική ανασφάλεια.

Οι ακατάλληλες πρακτικές διάθεσης απορριμμάτων συμβάλλουν στη μόλυνση του εδάφους και των πηγών νερού σε κατοικημένες περιοχές. Αυτή η μόλυνση έχει άμεσες επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγικότητα, καθώς η παρουσία ρύπων στο έδαφος επηρεάζει την υγεία και την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Σε κοινότητες που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωργία ως πηγή διαβίωσης, μια τέτοια μόλυνση μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών, σε κίνδυνο της ποιότητας των καλλιεργειών και αυξημένο κόστος γεωργικών εισροών, καθώς οι αγρότες μπορεί να χρειαστεί να επενδύσουν σε μέτρα αποκατάστασης του εδάφους.

Η μόλυνση της γεωργικής γης λόγω ακατάλληλων πρακτικών διάθεσης απορριμμάτων μεταφράζεται σε απτές οικονομικές απώλειες για τους κατοίκους που εξαρτώνται από τη γεωργία. Οι μειωμένες αποδόσεις και η μειωμένη ποιότητα των καλλιεργειών δεν επηρεάζουν μόνο το εισόδημα των μεμονωμένων αγροτών αλλά επηρεάζουν επίσης τη συνολική οικονομική ζωτικότητα της κοινότητας. Οι οικονομικές απώλειες στον αγροτικό τομέα μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένη αγοραστική δύναμη, χαμηλότερο βιοτικό επίπεδο και αυξημένη ευπάθεια στην επισιτιστική ανασφάλεια, ιδίως σε περιοχές όπου η γεωργία είναι πρωταρχικό μέσο επιβίωσης.

Η φυσική εγγύτητα των κατοίκων σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων μπορεί να έχει άμεσο αντίκτυπο στην αξία των ακινήτων και στα ίδια κεφάλαια των ιδιοκτητών. Το στίγμα που σχετίζεται με τη ζωή σε κοντινή απόσταση από εγκαταστάσεις απορριμμάτων συχνά οδηγεί σε μειωμένες αξίες ιδιοκτησίας. Καθώς οι αξίες των ακινήτων μειώνονται, τα ίδια κεφάλαια των ιδιοκτητών σπιτιού μειώνονται, επηρεάζοντας την καθαρή τους θέση και την οικονομική τους σταθερότητα. Αυτή η μείωση της αξίας των ακινήτων δεν επηρεάζει μόνο μεμονωμένους ιδιοκτήτες σπιτιού, αλλά έχει επίσης ευρύτερες επιπτώσεις στην οικονομική ανθεκτικότητα ολόκληρης της κοινότητας.

Η παρουσία απορριμμάτων, ειδικά σε περιοχές όπου είναι συγκεντρωμένοι χώροι διάθεσης, μπορεί να περιορίσει τις ευκαιρίες ανάπτυξης τόσο για οικιακούς όσο και για εμπορικούς σκοπούς. Οι κατοικημένες περιοχές κοντά σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων ενδέχεται να παρουσιάζουν μειωμένη επιθυμία, εμποδίζοντας την ανάπτυξη των αγορών κατοικίας [25]. Επιπλέον, οι περιορισμοί στην εμπορική ανάπτυξη περιορίζουν την οικονομική διαφοροποίηση, καταπνίγοντας τις ευκαιρίες για επιχειρηματικότητα και τη δημιουργία επιχειρήσεων που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην τοπική οικονομία.

Είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι η άνιση κατανομή των χώρων διάθεσης απορριμμάτων μπορεί να επιδεινώσει ζητήματα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης. Οι ευάλωτες κοινότητες, συχνά περιθωριοποιημένες ή οικονομικά σε μειονεκτική θέση, μπορεί να φέρουν ένα δυσανάλογο βάρος να ζουν σε κοντινή απόσταση από εγκαταστάσεις απορριμμάτων. Αυτή η χωρική αδικία μπορεί να διαιωνίσει τις κοινωνικοοικονομικές ανισότητες, καθώς αυτές οι κοινότητες αντιμετωπίζουν τις διπλές προκλήσεις της μειωμένης αξίας ιδιοκτησίας και των οικονομικών ευκαιριών.

Συνοπτικά, ο πολύπλευρος αντίκτυπος της διαχείρισης των απορριμμάτων στα μέσα διαβίωσης των κατοίκων υπογραμμίζει την ανάγκη για δίκαιες, βιώσιμες και κοινωνικά υπεύθυνες πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί όχι μόνο εστίαση στη μείωση των απορριμμάτων και τη σωστή διάθεση, αλλά και δέσμευση για περιβαλλοντική δικαιοσύνη και την ευημερία των κοινοτήτων που φέρουν το μεγαλύτερο βάρος της ανεπαρκούς διαχείρισης των αποβλήτων. Οι πρακτικές βιώσιμης διαχείρισης απορριμμάτων δεν είναι μόνο αναπόσπαστο μέρος της διατήρησης του περιβάλλοντος, αλλά είναι επίσης ζωτικής σημασίας για την προώθηση της οικονομικής ανθεκτικότητας και της κοινωνικής ισότητας στις αστικές και περιαστικές περιοχές.

Επιπλέον, η φυσική εγγύτητα των κατοίκων σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων μπορεί να επηρεάσει τις αξίες των ακινήτων, επηρεάζοντας τη δικαιοσύνη και την οικονομική ευημερία των ιδιοκτητών σπιτιού. Η παρουσία απορριμμάτων μπορεί επίσης να περιορίσει την ανάπτυξη οικιστικών και εμπορικών περιοχών, περιορίζοντας τις ευκαιρίες για οικονομικές δραστηριότητες και δυνητικά καταπνίγοντας την τοπική επιχειρηματικότητα.

- ***Τοπική Οικονομία:***

Η αποτελεσματική διαχείριση των απορριμμάτων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη συνολική υγεία της τοπικής οικονομίας. Ένα καλά διαχειριζόμενο σύστημα αποβλήτων μπορεί να τονώσει τις οικονομικές δραστηριότητες μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας στη συλλογή, την ανακύκλωση και συναφείς βιομηχανίες. Οι πρωτοβουλίες ανακύκλωσης, ειδικότερα, έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν νέες οικονομικές ευκαιρίες μετατρέποντας τα απόβλητα σε πολύτιμους πόρους.

Αντίθετα, οι κακές πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένες δαπάνες για τον καθαρισμό των απορριμμάτων, την περιβαλλοντική αποκατάσταση και το κόστος υγειονομικής περίθαλψης, εκτρέποντας τους πόρους από πιθανές επενδύσεις σε πιο βιώσιμες και οικονομικά επωφελείς προσπάθειες. Οι αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις που συνδέονται με την ανεπαρκή διαχείριση των απορριμμάτων μπορούν να εμποδίσουν την ανάπτυξη των τοπικών επιχειρήσεων και να αποθαρρύνουν τους πιθανούς επενδυτές, δημιουργώντας έναν κύκλο οικονομικής στασιμότητας.

Ένα καλά διαχειριζόμενο σύστημα αποβλήτων χρησιμεύει ως καταλύτης για οικονομικές δραστηριότητες, ιδίως μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας σε διάφορους τομείς που σχετίζονται με τα απόβλητα [25]. Η δημιουργία θέσεων εργασίας στη συλλογή, την ανακύκλωση και τις συναφείς βιομηχανίες όχι μόνο αντιμετωπίζει την άμεση ανάγκη για διαχείριση των απορριμμάτων, αλλά συμβάλλει επίσης στην τοπική απασχόληση. Αυτές οι εργασίες κυμαίνονται από συλλογή και διαλογή απορριμμάτων έως θέσεις σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης, ενισχύοντας ένα εργατικό δυναμικό αφιερωμένο στις πρακτικές βιώσιμων απορριμμάτων.

Οι πρωτοβουλίες ανακύκλωσης, βασικό συστατικό της αποτελεσματικής διαχείρισης απορριμμάτων, διαθέτουν σημαντικές δυνατότητες για τη δημιουργία νέων οικονομικών ευκαιριών. Με την επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων σε πολύτιμους πόρους, η

ανακύκλωση όχι μόνο εκτρέπει τα απόβλητα από τους χώρους υγειονομικής ταφής αλλά δημιουργεί επίσης μια αγορά για ανακυκλωμένα υλικά. Αυτή η αγορά, με τη σειρά της, τονώνει τις οικονομικές δραστηριότητες, παρέχοντας ευκαιρίες σε επιχειρηματίες, καινοτόμους και επιχειρήσεις να ευδοκιμήσουν στον τομέα της ανακύκλωσης. Η ανάπτυξη μιας κυκλικής οικονομίας, όπου τα υλικά ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται, μπορεί να ενισχύσει περαιτέρω την οικονομική βιωσιμότητα.

Αντίθετα, οι κακές πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές οικονομικές επιβαρύνσεις για τις κοινότητες. Οι αυξημένες δαπάνες για τον καθαρισμό των απορριμμάτων, την περιβαλλοντική αποκατάσταση και το κόστος υγειονομικής περίθαλψης καθίστανται απαραίτητες για την αντιμετώπιση των αρνητικών εξωτερικών επιπτώσεων που συνδέονται με την ανεπαρκή διάθεση των απορριμμάτων. Αυτά τα κόστη όχι μόνο επιβαρύνουν τους τοπικούς προϋπολογισμούς αλλά και εκτρέπουν τους οικονομικούς πόρους μακριά από πιθανές επενδύσεις σε πιο βιώσιμες και οικονομικά επωφελείς προσπάθειες.

Σε περιοχές με ανεπαρκείς πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων, οι οικονομικοί πόροι που θα μπορούσαν διαφορετικά να διοχετευθούν σε βιώσιμες επενδύσεις επαναπροσανατολίζονται προς την αντιμετώπιση των συνεπειών της ακατάλληλης διάθεσης αποβλήτων. Αντίθετα, διατίθενται κονδύλια που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη υποδομών, την εκπαίδευση και τις δημόσιες υπηρεσίες για την αποκατάσταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ανεπαρκούς διαχείρισης απορριμμάτων. Αυτή η εκτροπή πόρων εμποδίζει την ικανότητα της τοπικής αυτοδιοίκησης να επενδύει σε έργα που θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μακροπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη και την ανάπτυξη της κοινότητας.

Οι αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις που συνδέονται με την ανεπαρκή διαχείριση των αποβλήτων μπορεί να έχουν κυματιστικές επιπτώσεις στις τοπικές επιχειρήσεις και στην αντίληψη των επενδυτών. Οι άσχημες και ανθυγιεινές συνθήκες που προκύπτουν από την κακή διάθεση των απορριμμάτων μπορούν να αποτρέψουν τις επιχειρήσεις από το να εγκατασταθούν στην περιοχή. Οι δυνητικοί επενδυτές μπορεί να θεωρήσουν την έλλειψη αποτελεσματικής διαχείρισης απορριμμάτων ως ενδεικτική ευρύτερων προκλήσεων στις υποδομές και τη διακυβέρνηση, αποτρέποντάς τους από τη δέσμευση για επενδύσεις στην κοινότητα [25]. Αυτό δημιουργεί έναν κύκλο οικονομικής στασιμότητας, καθώς η απουσία νέων επιχειρήσεων και επενδύσεων περιορίζει περαιτέρω τις δυνατότητες οικονομικής ανάπτυξης.

Συμπερασματικά, η περίπλοκη σχέση μεταξύ της διαχείρισης των απορριμμάτων και της τοπικής οικονομίας υπογραμμίζει τη σημασία της υιοθέτησης βιώσιμων πρακτικών απορριμμάτων ως θεμελιώδους συνιστώσας της κοινοτικής ανάπτυξης. Η αποτελεσματική διαχείριση των απορριμμάτων όχι μόνο αντιμετωπίζει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, αλλά ενισχύει επίσης την οικονομική ανθεκτικότητα, τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την ελκυστικότητα της κοινότητας για τις επιχειρήσεις και τους επενδυτές. Αντίθετα, οι κακές πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων μπορούν να επιφέρουν σημαντικό οικονομικό κόστος, εμποδίζοντας τη συνολική ευημερία και το αναπτυξιακό δυναμικό μιας περιοχής. Η αειφόρος διαχείριση των απορριμμάτων δεν είναι επομένως απλώς μια περιβαλλοντική επιταγή, αλλά ένας ακρογωνιαίος λίθος για την οικοδόμηση οικονομικά ζωντανών και ανθεκτικών κοινοτήτων.

Συνοπτικά, οι κοινωνικές και οικονομικές πτυχές της διαχείρισης απορριμμάτων είναι αλληλένδετες, τονίζοντας την ανάγκη για ολοκληρωμένες, βιώσιμες στρατηγικές διαχείρισης απορριμμάτων που λαμβάνουν υπόψη την ευημερία τόσο των κατοίκων όσο και της τοπικής οικονομίας. Τέτοιες στρατηγικές θα πρέπει να στοχεύουν όχι μόνο στην αντιμετώπιση άμεσων

προκλήσεων αλλά και στην ενίσχυση της μακροπρόθεσμης ανθεκτικότητας και ευημερίας για τις αστικές κοινότητες.

Κεφάλαιο 5

Βέλτιστες πρακτικές και μελέτες περιπτώσεων

5.1. Επισήμανση επιτυχημένων στρατηγικών και πρωτοβουλίες διαχείρισης απορριμμάτων από πόλεις

Αυτή η ενότητα εμβαθύνει σε υποδειγματικές στρατηγικές και πρωτοβουλίες διαχείρισης απορριμμάτων που εφαρμόζονται από πόλεις παγκοσμίως, ρίχνοντας φως στις βέλτιστες πρακτικές που έχουν αποδείξει αποτελεσματικότητα στην αντιμετώπιση των προκλήσεων που τίθενται από τα αστικά απόβλητα.



Εικόνα 11: Use Cases

a) Ολοκληρωμένος διαχωρισμός απορριμμάτων:

Πόλεις όπως το Τόκιο της Ιαπωνίας, έχουν διαπρέψει στη διαχείριση απορριμμάτων μέσω της εφαρμογής αυστηρών πρακτικών διαχωρισμού των απορριμμάτων. Στο Τόκιο, οι κάτοικοι υποχρεούνται να ταξινομούν τα απόβλητά τους σε κατηγορίες όπως καύσιμα,

άκαυστα και ανακυκλώσιμα. Αυτός ο σχολαστικός διαχωρισμός διασφαλίζει ότι κάθε τύπος αποβλήτων υφίσταται κατάλληλη επεξεργασία, ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και διευκολύνοντας την αποτελεσματική ανάκτηση των πόρων [26].

b) Ενοποίηση κυκλικής οικονομίας:

Πόλεις όπως το Άμστερνταμ της Ολλανδίας, έχουν υιοθετήσει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας για να μειώσουν την παραγωγή απορριμμάτων και να προωθήσουν τη βιωσιμότητα. Μέσω πρωτοβουλιών που δίνουν προτεραιότητα στην ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση, το Άμστερνταμ έχει καθιερωθεί ως μοντέλο για πόλεις που επιδιώκουν να απομακρυνθούν από το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης. Οι πρακτικές κυκλικής οικονομίας συμβάλλουν στη διατήρηση των πόρων, στην ενεργειακή απόδοση και στη μείωση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης [27].

c) Καινοτόμες Τεχνολογίες Ανακύκλωσης:

Η Curitiba στη Βραζιλία, έχει κερδίσει την αναγνώριση για την καινοτόμο προσέγγισή της στη διαχείριση απορριμμάτων, ιδιαίτερα στον τομέα των τεχνολογιών ανακύκλωσης. Η πόλη έχει εφαρμόσει πρωτοβουλίες όπως το «Green Exchange», όπου οι κάτοικοι μπορούν να ανταλλάξουν ανακυκλώσιμα προϊόντα με φρέσκα προϊόντα. Επιπλέον, η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών ανακύκλωσης, συμπεριλαμβανομένων αυτοματοποιημένων συστημάτων διαλογής και εγκαταστάσεων μεταφοράς αποβλήτων σε ενέργεια, έχει τοποθετήσει την Curitiba ως πρωτοπόρο στη βιώσιμη διαχείριση απορριμμάτων [28].

d) Δέσμευση και εκπαίδευση της κοινότητας:

Πόλεις όπως το Σαν Φρανσίσκο των Η.Π.Α., έχουν ενσωματώσει με επιτυχία τη συμμετοχή και την εκπαίδευση της κοινότητας στις στρατηγικές διαχείρισης απορριμμάτων. Μέσω ολοκληρωμένων εκστρατειών ευαισθητοποίησης, εκπαιδευτικών προγραμμάτων και συμμετοχής της κοινότητας σε πρωτοβουλίες μείωσης των απορριμμάτων, το Σαν Φρανσίσκο έχει επιτύχει σημαντικές μειώσεις στα απόβλητα που προορίζονται για υγειονομική ταφή. Η δέσμευση της πόλης να καλλιεργήσει μια κουλτούρα περιβαλλοντικής ευθύνης μεταξύ των κατοίκων αποτελεί παράδειγμα της σημασίας της συμμετοχής της κοινότητας στην επίτευξη αποτελεσμάτων βιώσιμης διαχείρισης απορριμμάτων [29].

e) Έξυπνα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων:

Η Σιγκαπούρη έχει αναδειχθεί ως ηγέτης στα έξυπνα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων, χρησιμοποιώντας τεχνολογία για τη βελτιστοποίηση της συλλογής και επεξεργασίας απορριμμάτων. Η πόλη-κράτος χρησιμοποιεί αισθητήρες και αναλύσεις δεδομένων για την παρακολούθηση των επιπέδων απορριμμάτων στους κάδους, επιτρέποντας αποτελεσματικές διαδρομές συλλογής και κατανομή πόρων. Η εφαρμογή λύσεων με γνώμονα την τεχνολογία από τη Σιγκαπούρη αποτελεί παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο τα έξυπνα συστήματα μπορούν να βελτιώσουν τη συνολική αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της διαχείρισης απορριμμάτων σε αστικά περιβάλλοντα [30].

f) Συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα:

Η Βαρκελώνη της Ισπανίας ξεχωρίζει για την επιτυχή εφαρμογή των συμπράξεων δημόσιου και ιδιωτικού τομέα στη διαχείριση απορριμμάτων. Οι συνεργασίες μεταξύ της δημοτικής κυβέρνησης και των ιδιωτικών εταιρειών διαχείρισης απορριμμάτων είχαν ως αποτέλεσμα βελτιωμένα συστήματα συλλογής, αποτελεσματική επεξεργασία απορριμμάτων και ανάπτυξη βιώσιμων εγκαταστάσεων επεξεργασίας απορριμμάτων. Η προσέγγιση της Βαρκελώνης υπογραμμίζει τα πιθανά οφέλη των συνεργικών προσπαθειών μεταξύ δημόσιων

και ιδιωτικών φορέων για την επίτευξη ολοκληρωμένων στόχων διαχείρισης απορριμμάτων [31].

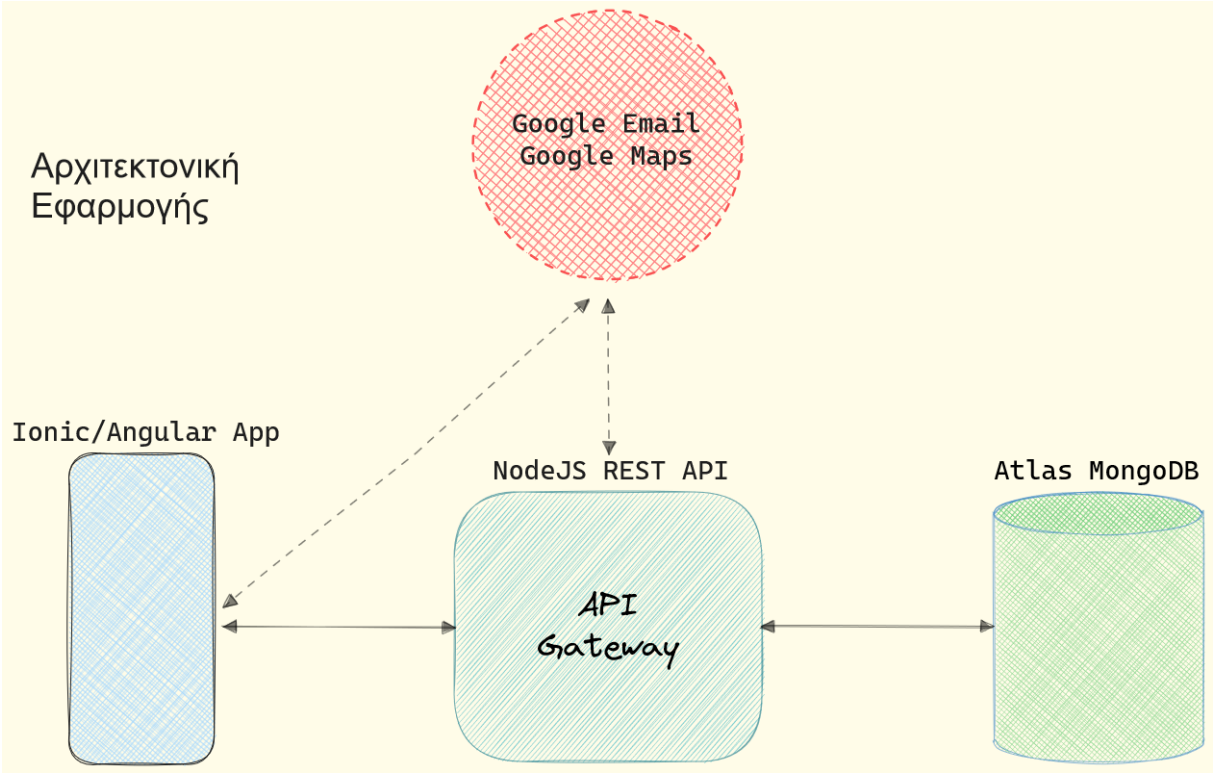
Συνοπτικά, οι περιπτωσιολογικές μελέτες που παρουσιάστηκαν παρουσιάζουν μια ποικιλία από επιτυχημένες στρατηγικές διαχείρισης απορριμμάτων που εφαρμόζονται από πόλεις σε όλο τον κόσμο. Αυτά τα παραδείγματα υπογραμμίζουν τη σημασία της καινοτομίας, της συμμετοχής της κοινότητας, της τεχνολογικής ολοκλήρωσης και των συνεργασιών συνεργασίας για την ανάπτυξη αποτελεσματικών και βιώσιμων λύσεων στις περίπλοκες προκλήσεις που τίθενται από τα αστικά απόβλητα. Μαθαίνοντας από αυτές τις βέλτιστες πρακτικές, οι πόλεις μπορούν να συγκεντρώσουν πολύτιμες γνώσεις για να ενημερώσουν τις δικές τους πολιτικές διαχείρισης απορριμμάτων και να συμβάλουν στην παγκόσμια επιδίωξη της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

Κεφάλαιο 6

Περιγραφή Τεχνολογιών της Εφαρμογής

6.1 Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική της εφαρμογής

Για την καλύτερη κατανόηση της γενικής λειτουργίας της εφαρμογής που αναπτύχθηκε, των επιμέρους κομματιών της και πως αυτά αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους για να δίνουν στον χρήστη το τελικό αποτέλεσμα, αξίζει να κάνουμε μια ανάλυση για την κάθε τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε χωριστά και τι προσφέρει. Η ανάπτυξη της υβριδικής εφαρμογής για τα κινητά τηλέφωνα έγινε με την αξιοποίηση των τεχνολογιών MongoDB Atlas για την βάση δεδομένων, NodeJS runtime περιβάλλον για την δημιουργία REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface) server και Ionic/Angular για την υλοποίηση του UI (User Interface). Επίσης γίνεται και αξιοποίηση του Google email σαν πάροχος για την αποστολή αυτοματοποιημένων email αλλά και Google maps για την αξιοποίηση χαρτών και εύρεση σημείων ενδιαφέροντος.

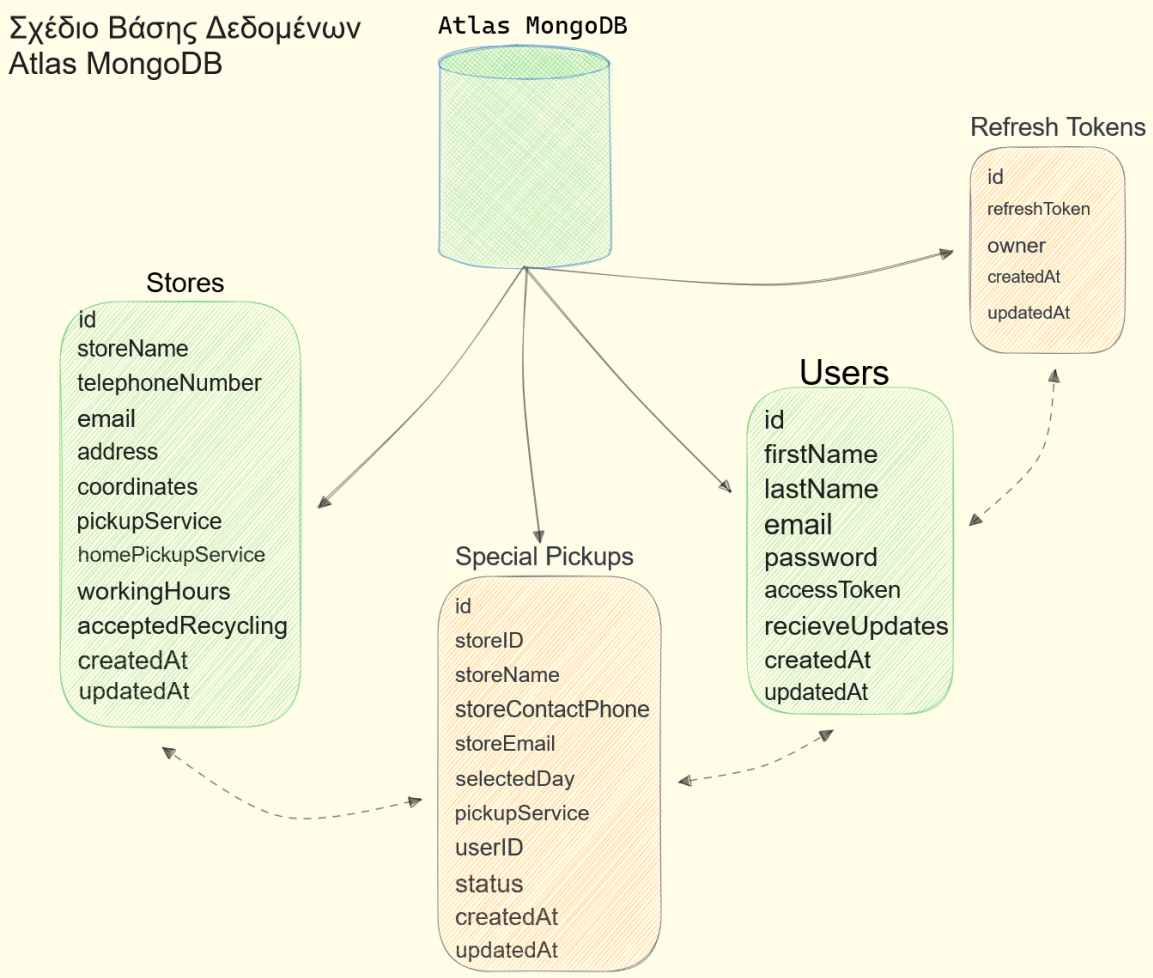


Εικόνα 12: Γραφική απεικόνιση της αρχιτεκτονικής και της διασύνδεσης των επιμέρους κομματιών

6.2 Βάση δεδομένων MongoDB Atlas

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της βάσης δεδομένων έγινε πάνω στην πλατφόρμα MongoDB Atlas. Είναι μια DBaaS (DataBase as a Service), δηλαδή μια βάση δεδομένων που παρέχεται σαν υπηρεσία χτισμένη πάνω στο cloud. Η MongoDB Atlas βασίζεται στην Mongo Database, μια δημοφιλή βάση δεδομένων No-SQL. Ουσιαστικά η είναι μια βάση δεδομένων εγγράφων, που σημαίνει ότι αποθηκεύει τα δεδομένα σε μορφή JSON. Αυτό καθιστά την MongoDB εύκολη στην χρήση και ευέλικτη για την αποθήκευση δεδομένων οποιασδήποτε δομής και προσφέρει αυτοματοποιημένη κλιμάκωση για να καλύψει τις μεταβαλλόμενες ανάγκες της οποιασδήποτε εφαρμογής, ανθεκτικότητα σε σφάλματα διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα μας είναι πάντα διαθέσιμα καθώς και μεγάλη ασφάλεια για καλύτερη και αποτελεσματικότερη προστασία των δεδομένων.

Για τις ανάγκες της εφαρμογής, δημιουργήθηκαν αρχεία JSON για την αποθήκευση, επεξεργασία και διαγραφή δεδομένων για τα καταστήματα που είναι διαθέσιμα στους χρήστες μέσω της εφαρμογής όσο και για τους χρήστες, τα προσωπικά τους δεδομένα καθώς και τα JWT του κάθε χρήστη που είναι απαραίτητα για την ασφάλεια της εφαρμογής και την αυθεντικότητα της ταυτότητας του χρήστη που χρησιμοποιεί την εφαρμογή.

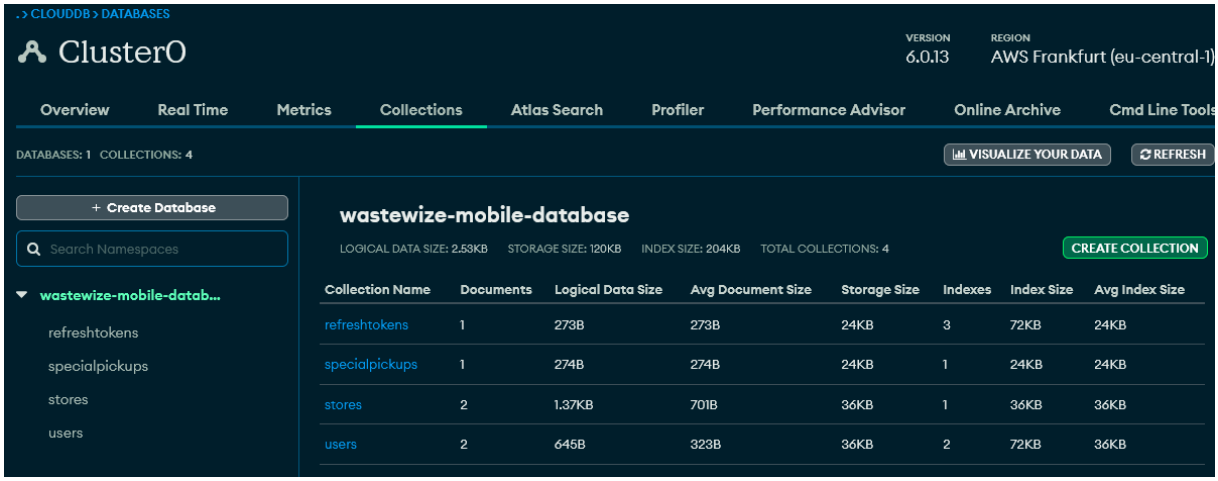


Εικόνα 13: Γραφική απεικόνιση του σχεδιασμού της βάσης δεδομένων

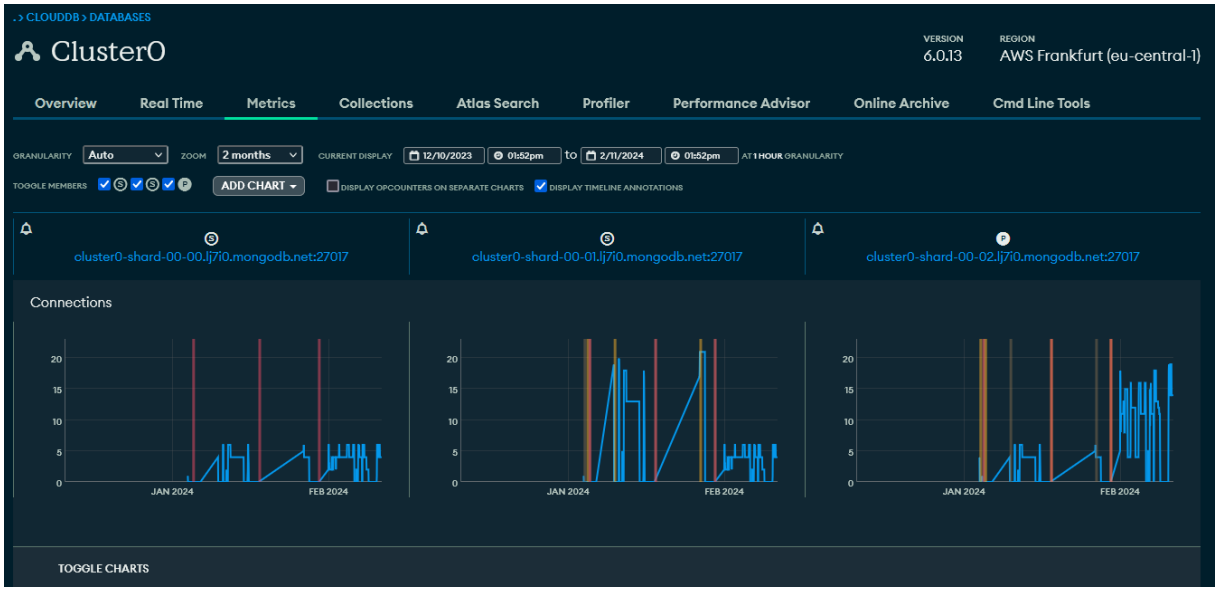
Στην παραπάνω γραφική απεικόνιση, με πράσινο χρώμα (Users και Stores) είναι οι κύριες οντότητες της βάσης δεδομένων ενώ με πορτοκαλί χρώμα (Special Pickups, Refresh Tokens) είναι οι δευτερεύουσες οντότητες.

Σε μια βάση δεδομένων, οι οντότητες διακρίνονται σε κύριες και δευτερεύουσες βάση του ρόλου και της σχέσης τους στο σχεδιασμό της βάσης. Οι κύριες οντότητες αποτελούν τα θεμελιώδη δομικά στοιχεία της βάσης, διαθέτουν μοναδικά αναγνωριστικά και υφίστανται ανεξάρτητα από άλλες οντότητες αντιπροσωπεύοντας βασικές έννοιες της εφαρμογής. Οι δευτερεύουσες οντότητες υπάρχουν για να συμπληρώσουν και να περιγράψουν τις κύριες, δεν μπορούν να υπάρξουν ανεξάρτητα από μια κύρια οντότητα και ο κύριος σκοπός τους είναι να παρέχουν συμπληρωματικές πληροφορίες για τις κύριες οντότητες.

Επίσης η πλατφόρμα του MongoDB Atlas μας προσφέρει ένα GUI (Graphical User Interface) περιβάλλον με εργαλεία για την εύκολη διαχείριση της βάσης καθώς και επίσης οπτικοποίησή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για την δραστηριότητα των χρηστών.



Εικόνα 14: Η βάση δεδομένων στη cloud πλατφόρμα MongoDB Atlas



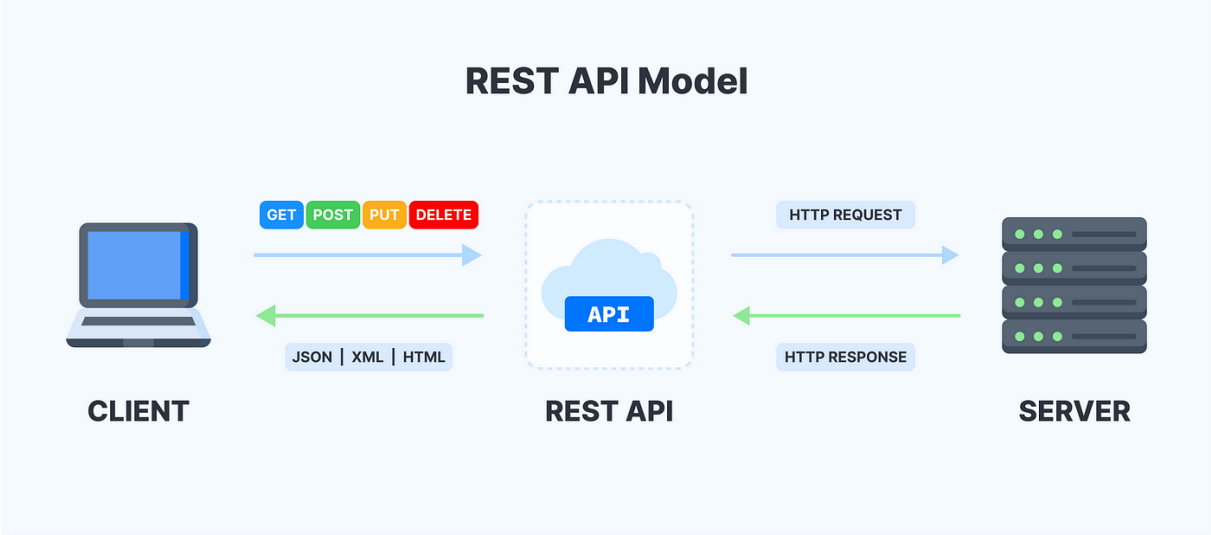
Εικόνα 15: Οπτικοποίησή μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο

6.3 NodeJS Runtime περιβάλλον

Το NodeJS runtime είναι ένα περιβάλλον λογισμικού που επιτρέπει την εκτέλεση κώδικα JavaScript σε υποκείμενο λειτουργικό σύστημα. Βασίζεται στην μηχανή JavaScript V8, η οποία είναι γνωστή για την υψηλή απόδοση και την καλή κλιμάκωση που διαθέτει.

Οι κύριες λειτουργίες που διαθέτει είναι η εκτέλεση κώδικα σε server-side περιβάλλον και η βελτιστοποίηση που διαθέτει για ασύγχρονες λειτουργίες, κάνοντας το ιδανικό για διαδικτυακές εφαρμογές. Μπορεί επίσης να αντιδρά σε γεγονότα όπως κλικ ή HTTP requests και προσφέρει την δυνατότητα δημιουργίας και χρήσης modules για επαναχρησιμοποίηση κώδικα. Ωστόσο τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του είναι ότι έχει υψηλές επιδόσεις και γρήγορη εκτέλεση κώδικα σε όλα τα περιβάλλοντα λειτουργικών συστημάτων (Linux, Windows, Mac) καθώς και ότι μπορεί να διαχειριστεί μεγάλο όγκο εισερχόμενης δραστηριότητας από χρήστες (traffic). Οι χρήσεις του ποικίλουν, αφού προσφέρει τη δυνατότητα για ανάπτυξη server-side διαδικτυακών εφαρμογών, τη δημιουργία REST APIs αλλά και real-time εφαρμογές για ανταλλαγή μηνυμάτων.

Για τις ανάγκες της εφαρμογής που αναπτύχθηκε, το NodeJS runtime βοήθησε στον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός REST API ή Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών Μεταφοράς Αναπαραστατικής Κατάστασης. Τα REST APIs αποτελούν από τους πιο δημοφιλής τύπους API με την αξιοποίηση τους να γίνεται τόσο από διαδικτυακές εφαρμογές όσο και από εφαρμογές κινητών τηλεφώνων. Πρακτικά είναι ένας τύπος API που παρέχει endpoints με την μορφή URL για να δίνει πρόσβαση σε πόρους βασιζόμενο σε HTTP μεθόδους, όπως GET, POST, PUT, DELETE για την ανταλλαγή δεδομένων σε μορφή JSON. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του είναι ότι δίνει ευελιξία καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλές εφαρμογές αλλά και ακόμα από άλλα API. Επίσης είναι stateless, δηλαδή δεν διατηρεί στην μεριά του server δεδομένα από χρήστες που θα το έκαναν επισφαλή σε κυβερνοεπιθέσεις.



Εικόνα 16: Γραφική αναπαράσταση REST API

6.4 Ionic/Angular Framework

Το Ionic/Angular είναι ένα framework για την ανάπτυξη cross-platform εφαρμογών κινητών συνδυάζοντας τεχνολογίες διαδικτύου όπως CSS, HTML, JS και βασίζεται

στην ιδέα των components. Τα components είναι αυτοτελή, επαναχρησιμοποιήσιμα κομμάτια UI που μπορούν να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν μια ολοκληρωμένη εφαρμογή.

Το Ionic είναι το κύριο κομμάτι για την δημιουργία native-looking εφαρμογών για κινητά τηλέφωνα παρέχοντας μια σειρά από pre-build components όπως κουμπιά, λίστες, μενού, κτλ. επιτρέποντας την δημιουργία custom components που θα καλύψουν τις ανάγκες οποιασδήποτε εφαρμογής. Συνδυάζοντας τις δυνατότητες αυτές με τον Capacitor μπορεί να δημιουργήσει εφαρμογές που να τρέχουν τόσο σε iOS και Android αλλά και το διαδίκτυο (PWA) με υψηλή απόδοση.

Η Angular είναι ένα JS framework ανοιχτού λογισμικού που βασίζεται στην Typescript, μια υπερσύνθεση του JS, για την ανάπτυξη μοντέρνων εφαρμογών διαδικτύου, ειδικότερα SPAs (Single Page Applications). Είναι δομημένη σε modules, διευκολύνοντας την οργάνωση και την συντήρηση του κώδικα, διευκολύνει την σύνδεση δεδομένων με το UI αυτοματοποιώντας τα updates, διαχειρίζεται την πλοήγηση μεταξύ των σελίδων σε μια εφαρμογή και τέλος παρέχει ενσωματωμένα εργαλεία για unit-tests και end-to-end tests βοηθώντας έτσι στην γρήγορη και αποτελεσματικότερη υλοποίηση των εφαρμογών.



Εικόνα 17: Σχεδιάγραμμα πτυχών μιας Ionic εφαρμογής

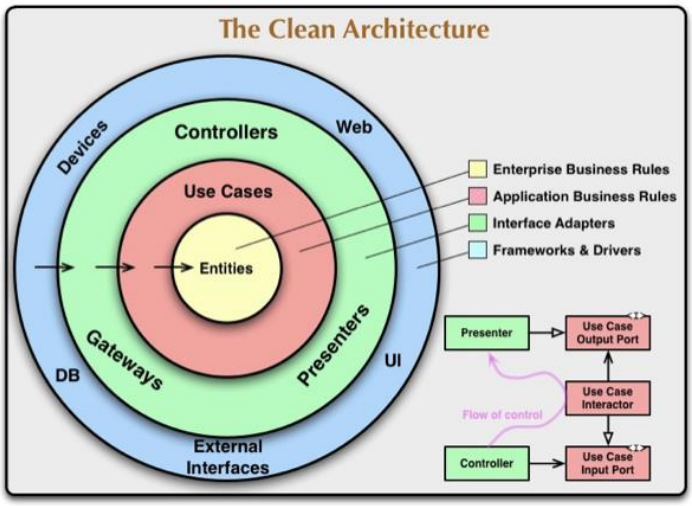
Κεφάλαιο 7

Παρουσίαση της Εφαρμογής

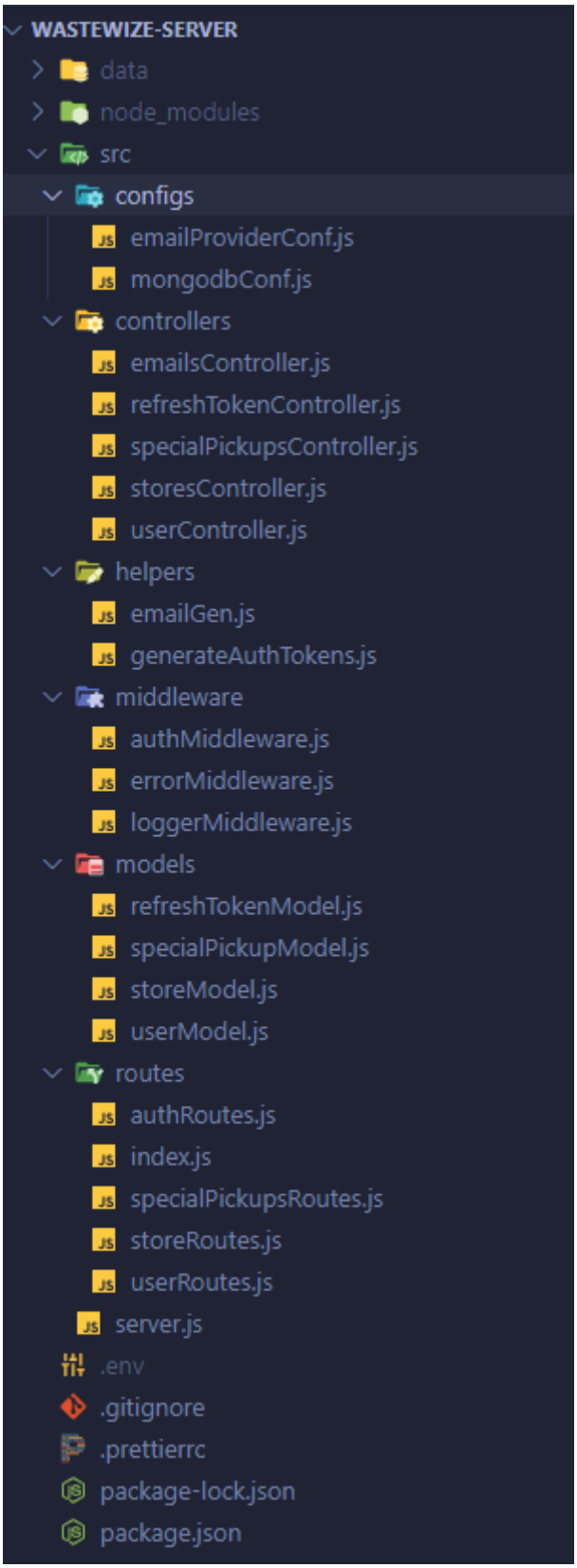
7.1 Περιγραφή Λειτουργικότητας του NodeJS REST API Server

Όπως αναλύσαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το NodeJS runtime μας δίνει την δυνατότητα να δημιουργήσουμε ένα server ώστε να μπορούμε να συνδέσουμε την διεπαφή χρήστη της εφαρμογή μας με την βάση δεδομένων έτσι ώστε οι χρήστες να έχουν πρόσβαση στα απαραίτητα δεδομένα αλλά και η βάση να είναι προστατευμένη από τυχόν απόπειρες κυβερνοεπιθέσεων.

Για τις ανάγκες τις εφαρμογής μας έγινε ανάπτυξη REST API server όπου η εφαρμογή επικοινωνεί μέσω HTTP request στα προκαθορισμένα URL που είναι διαθέσιμα. Εφαρμόστηκε η τεχνική των επιπέδων για την συγγραφή του κώδικα όπου είναι και η πιο ενδεδειγμένη, προφέροντας πρακτικές ανάπτυξης λογισμικού που βοηθούν των κώδικα να είναι πιο εύκολος στο διάβασμα, στην συντήρηση αλλά και στην επέκταση του.



Εικόνα 18: Αρχιτεκτονική επιπέδων Nodejs server



Εικόνα 19: Υλοποίηση επιπέδων στον server

Οι λειτουργίες του server είναι πολλές αφού δεν μεριμνάει μόνο ώστε να είναι πάντα διαθέσιμοι οι πόροι στον χρήστη αλλά φροντίζει και για την αυθεντικότητα της ταυτότητας

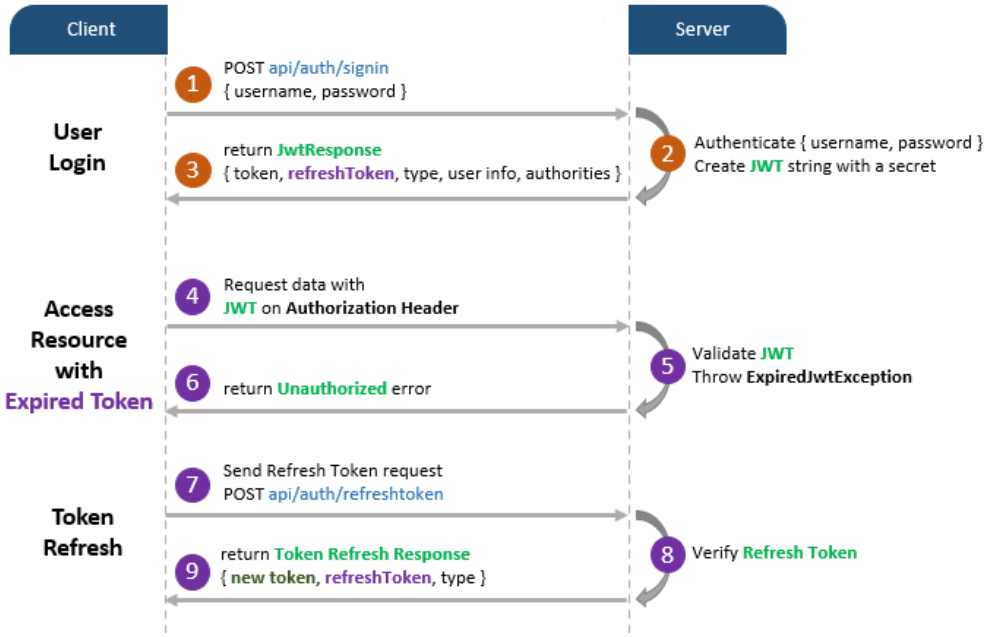
των χρηστών ελέγχοντας το json web token που βρίσκεται στην κεφαλίδα του κάθε request που γίνεται.

Ο server με κάθε request που δέχεται, πριν επιστρέψει την απάντηση του κάνει ένα έλεγχο στην κεφαλίδα του αιτήματος. Εκεί βρίσκεται αποθηκευμένο το json web token δηλαδή ένα token που είναι κρυπτογραφημένο, περιέχοντας στοιχεία χρήσιμα όπως τον μοναδικό αριθμό του χρήστη όπως έχει αποθηκευτεί στην βάση δεδομένων, πότε δημιουργήθηκε αυτό το token αλλά και την διάρκεια ζωής του.

Εάν το token είναι έγκυρο, δηλαδή δεν έχει υπερβεί το όριο ζωής του και δεν έχει γίνει απόπειρα διαφθοράς του, τότε το αίτημα του χρήστη προχωράει στο επόμενο στάδιο του, αυτό της επεξεργασίας του, ώστε να επιστραφούν στον χρήστη τα κατάλληλα δεδομένα. Στην αντίθετη περίπτωση όπου υπάρχει κάποιο σφάλμα στο token του χρήστη ο server το ανιχνεύει και απορρίπτει το αίτημα του χρήστη με μήνυμα λάθους. Τα λάθη είναι διαφορετικού τύπου και ο χειρισμός τους είναι ανάλογος.

Στην περίπτωση όπου το token έχει υπερβεί το χρονικό όριο ζωής τότε ο server επιστέφει ειδικό μήνυμα ώστε η εφαρμογή στο κινητό του χρήστη να αντιληφθεί το σφάλμα και να κάνει εκ νέου αίτημα στον server για να γίνει ανανέωση του token. Αυτή η διαδικασία γίνεται στο παρασκήνιο της εφαρμογής χωρίς να επηρεαστεί η λειτουργία της και να χαλάσει την εμπειρία που έχει ο χρήστης με αυτήν.

Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση που το token δεν είναι έγκυρο ο server επιστρέφει μήνυμα λάθους. Για λόγους ασφάλειας η εφαρμογή όταν δει τέτοιου είδους λάθος κάνει logout στο χρήστη αυτόματα αναγκάζοντας τον να κάνει εκ νέου login. Στην νέα προσπάθεια εισόδου του χρήστη στην εφαρμογή, όπου ο χρήστης θα βάλει τον κωδικό του, θα δημιουργηθεί νέο – έγκυρο token για να έχει ο χρήστης πλήρη πρόσβαση σε όλους τους πόρους της εφαρμογής. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουμε την ασφάλεια του τόσο του χρήστη και των προσωπικών του δεδομένων όσο και της βάσης δεδομένων της εφαρμογής, διασφαλίζοντας ότι δεν θα γίνει απόπειρα για να αποσπάσουν πληροφορίες από αυτή μην εξουσιοδοτημένοι χρήστες.



Εικόνα 20: Σχεδιάγραμμα ελέγχου ταυτότητας χρήστη

```
const asyncHandler = require('express-async-handler')
const jwt = require('jsonwebtoken')

const User = require('../models/userModel')

/**
 * @desc    Authenticates user based on the Bearer token provided in the request headers
 * @public
 */
const authenticateUser = asyncHandler(async (req, res, next) => {
  if (req.headers.authorization && req.headers.authorization.startsWith('Bearer')) {
    try {
      let token = req.headers.authorization.split(' ')[1]

      const { _id } = jwt.verify(token, process.env.JWT_ACCESS_TOKEN_SECRET, function (err, decoded) {
        if (err) {
          res.status(401)
          throw new Error(err.name)
        }
        return decoded
      })

      const user = await User.findById(_id)

      req.user = user

      next()
    } catch (error) {
      res.status(401)
      throw new Error(error)
    }
  } else {
    res.status(403)
    throw new Error('Not authorized! Please login.')
  }
})

module.exports = { authenticateUser }
```

Εικόνα 21: Υλοποίηση κώδικα στον server για αυθεντικοποίηση χρηστών

Μια ακόμα πολλή χρήσιμη λειτουργία που αναπτύχθηκε είναι ότι ο server συλλέγει αυτόματα ορισμένα στοιχεία από το κάθε αίτημα του κάθε χρήστη καταγράφοντας τα στο console του. Αυτά ονομάζονται logs και ο σκοπός τους είναι η διασφάλιση της εύρυθμης λειτουργίας του διακομιστή και η άμεση αντιμετώπιση σφαλμάτων αλλά και για έλεγχο της κίνησης που δεχόμαστε από τους χρήστες για να μπορούμε να κάνουμε μια ανάλυση στον τρόπο που γίνεται χρήση της εφαρμογής ώστε να μπορέσουμε να βελτιώσουμε τις υπηρεσίες μας μελλοντικά.

```
Server running on port: 3000!
Database connected successfully!
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:48:32 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/user/create-account --- Mon Feb 19 2024 20:52:30 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:54:20 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:54:27 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:55:59 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:56:02 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/special-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:57:10 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:58:03 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:58:11 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:58:29 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/user/login --- Mon Feb 19 2024 20:58:52 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:58:55 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:58:58 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:58:59 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:59:01 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/special-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:59:24 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:59:24 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 20:59:35 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/special-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:59:49 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 20:59:49 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
DELETE --- /api/special-pickups/cancel-pickup/65d3a50c14e998468ca45eb5 --- Mon Feb 19 2024 21:00:09 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:00:12 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 21:00:26 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:00:28 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 21:00:29 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/special-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:00:48 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:00:49 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:00:52 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/stores --- Mon Feb 19 2024 21:01:30 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/special-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:01:50 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:01:50 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:02:33 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
DELETE --- /api/special-pickups/cancel-pickup/65d3a59e14e998468ca45ed8 --- Mon Feb 19 2024 21:02:50 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:02:52 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:03:11 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
POST --- /api/user/login --- Mon Feb 19 2024 21:03:51 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
GET --- /api/special-pickups/user-pickups --- Mon Feb 19 2024 21:03:56 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)
```

Εικόνα 22: Απόσπασμα logs από την χρήση της εφαρμογής

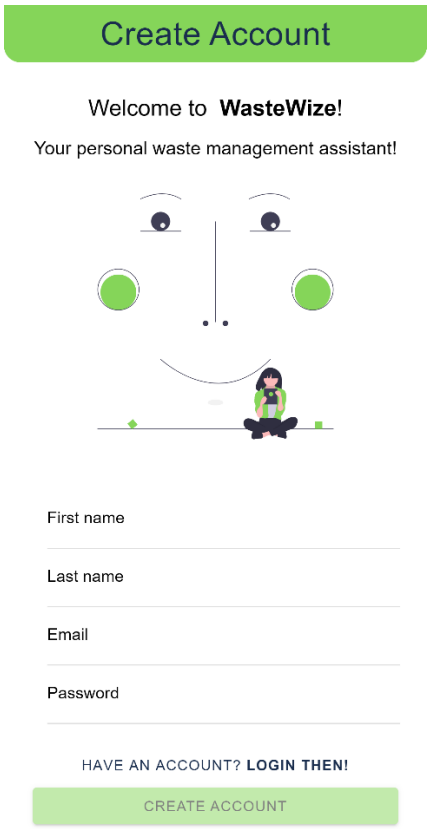
7.2 Περιγραφή της εφαρμογής κινητών τηλεφώνων

Η εφαρμογή για τα κινητά τηλέφωνα, με το όνομα Waste Wise, έχει ως κύριο σκοπό την σωστή και έγκυρη ενημέρωση των χρηστών για θέματα γύρω από την αποδοτικότερη διαχείριση των αποκριμάτων τους. Προσφέρει μεθόδους και οδηγίες για καλύτερη ανακύκλωση αντικειμένων όπως για παράδειγμα πλαστικό αλλά προτείνει και ενναλακτικές λύσεις θέλοντας να ευαισθητοποιήσει αλλά και να βοηθήσει τους χρήστες να υιοθετήσουν πιο φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές.

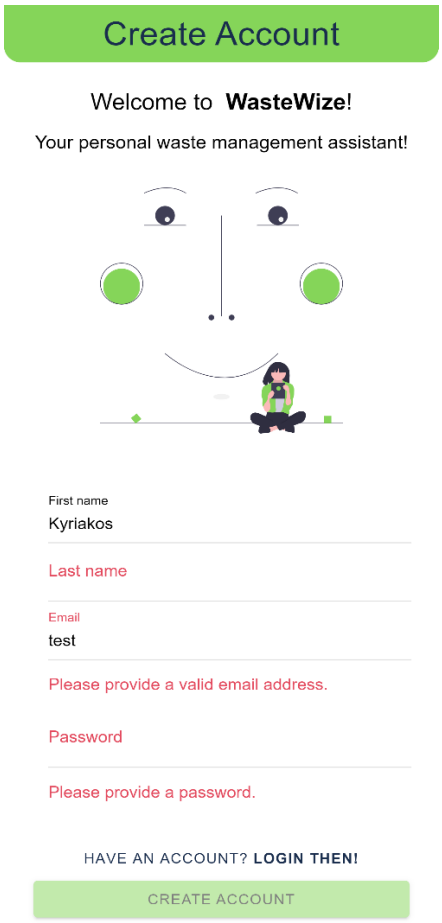
Δίνει την δυνατότητα για οπτικοποίησή ώστε να δώσει στους χρήστες, με τον καλύτερο και συνάμα αποτελεσματικότερο τρόπο, να καταλάβουν ότι οι καθημερινές μας συνήθειες όσο και να μας δίνουν την εντύπωση ότι είναι ασήμαντες, συμβάλουν και αυτές στην επιδείνωση της παρούσας κατάστασης.

7.2.1 Πρώτα βήματα μετά την εγκατάσταση

Αφού ο χρήστης κάνει λήψη και εγκατάσταση της εφαρμογής στο κινητό του τηλέφωνο θα του ζητηθεί να δημιουργήσει ένα λογαριασμό ή να συνδεθεί στον ήδη υπάρχων λογαριασμό του. Η εφαρμογή χρειάζεται μόνο όνομα, επίθετο, ένα έγκυρο email για να λαμβάνει ειδοποιήσεις και ένα κωδικό. Κατά την διάρκεια της εισαγωγής των πληροφορίων γίνεται και ένας αυτόματος έλεγχος για το πόσο πληρούν τις προδιαγραφές τα εισδεχθέντα στοιχεία (για παράδειγμα μια διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου δεν μπορεί αν μην έχει τον χαρακτήρα @ ή ο κωδικός να έχει τουλάχιστον 6 χαρακτήρες).



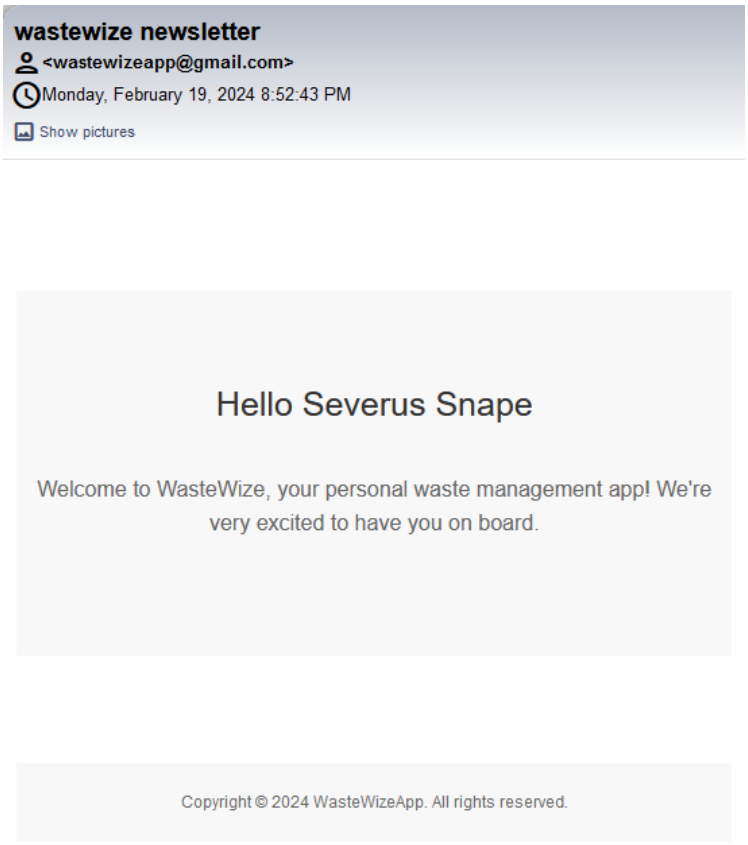
Εικόνα 23: Σελίδα δημιουργίας νέου λογαριασμού χρήστη



Εικόνα 24: Εικόνα ελέγχου εσφαλμένων στοιχείων

Εφόσον ο χρήστης εισάγει σωστά όλα τα απαραίτητα δεδομένα και δημιουργήσει λογαριασμό με επιτυχία, θα λάβει ένα αυτοματοποιημένο email καλωσορίσματος.

Η εφαρμογή κάνει χρήση του google email σαν κύριο πάροχο για αποστολή αυτοματοποιημένων email, αφού είναι μια αναγνωρισμένη υπηρεσία από τους χρήστες όπου τους εμπνέει εμπιστοσύνη ότι το περιεχόμενο δεν πρόκειται για spam.



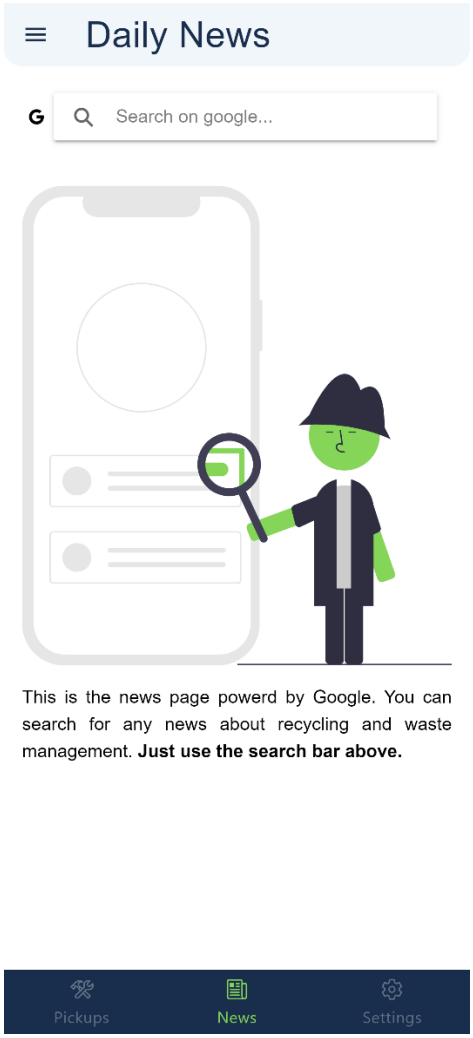
Εικόνα 25: Αυτοματοποιημένο email καλωσορίσματος

Έπειτα ο χρήστης θα εισέλθει στην πρώτη σελίδα για να έχει την πρώτη του επαφή με την εφαρμογή.

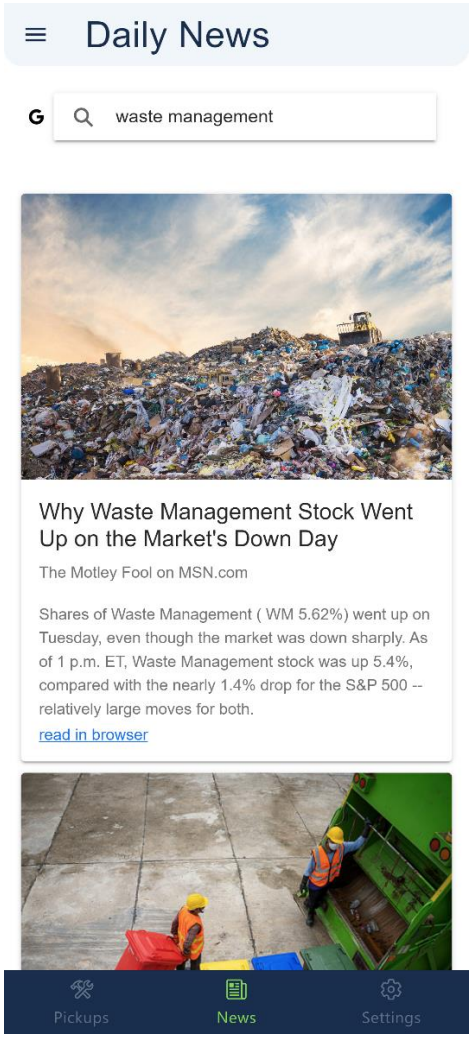
7.2.2 Περιγραφή κύριων λειτουργιών της εφαρμογής

Η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε με γνώμονα την απλότητα του UI, για να είναι εύκολο στην λειτουργία του από όλους τους χρήστες και να προσφέρει μια ευχάριστη εμπειρία. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης θα έχει αναπόσπαστη την προσοχή του στις σημαντικές πληροφορίες που μπορεί να πάρει μέσω της εφαρμογής και όχι στο πως θα τις βρει.

Το πρώτο πράγμα που θα συναντήσει είναι η σελίδα για τα νέα. Μπορεί να ψάξει και να βρει αρθρογραφίες πάνω σε θέματα που τον ενδιαφέρουν για να μπορεί να ενημερωθεί άμεσα και έγκυρα. Η σελίδα των νέων κάνει χρήση της μηχανής αναζήτησης της google που είναι εγγυητής για την αξιοπιστία των ειδήσεων αλλά προσφέρει μια τεράστια γκάμα αποτελεσμάτων από τον παγκόσμιο ιστό.



Εικόνα 26: Σελίδα αναζήτησης νέων



Εικόνα 27: Αποτελέσματα αφού ο χρήστης αναζήτησε αρθρογραφία για την διαχείριση ρύπων

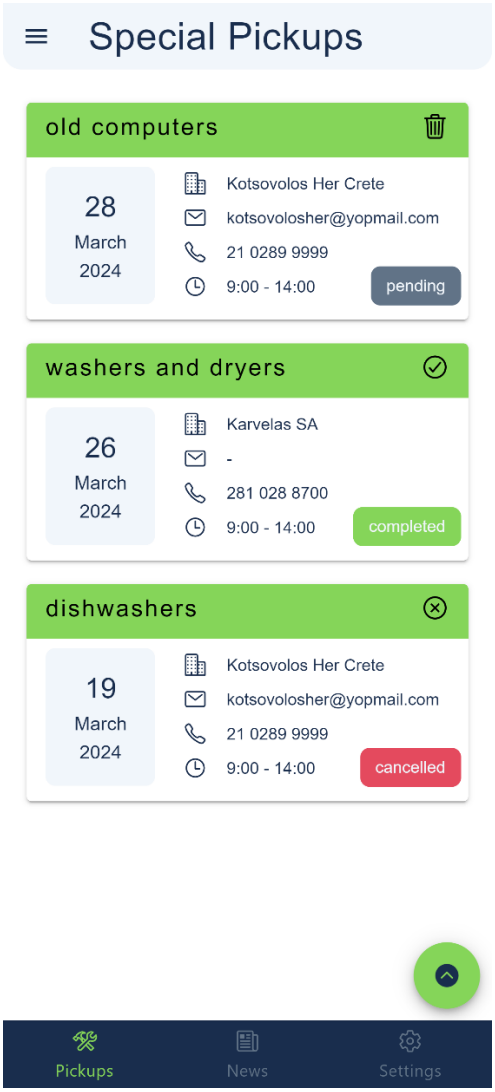
Εν συνεχεία ο χρήστης μπορεί να πάει στην σελίδα των κατ' οίκων παραλαβών. Είναι μια καινοτόμα ιδέα που υλοποιήσαμε στην εφαρμογή βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα.

Οι πιο πολλοί άνθρωποι δεν έχουν πλήρη εικόνα ότι οι παλιές ηλεκτρικές συσκευές είναι από υλικά που είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον. Υλικά όπως μπαταρίες, παλιές ηλεκτρικές συσκευές (πλυντήριο, υπολογιστές, εκτυπωτές, ψυγεία) μπορούν να ανακυκλωθούν καθώς τα υλικά τους είναι ιδιαίτερά επιβλαβή για το περιβάλλον αφού απελευθερώνουν τοξικές ουσίες όταν η απόρριψη τους γίνεται με τον συμβατικό τρόπο στις χωματερές.

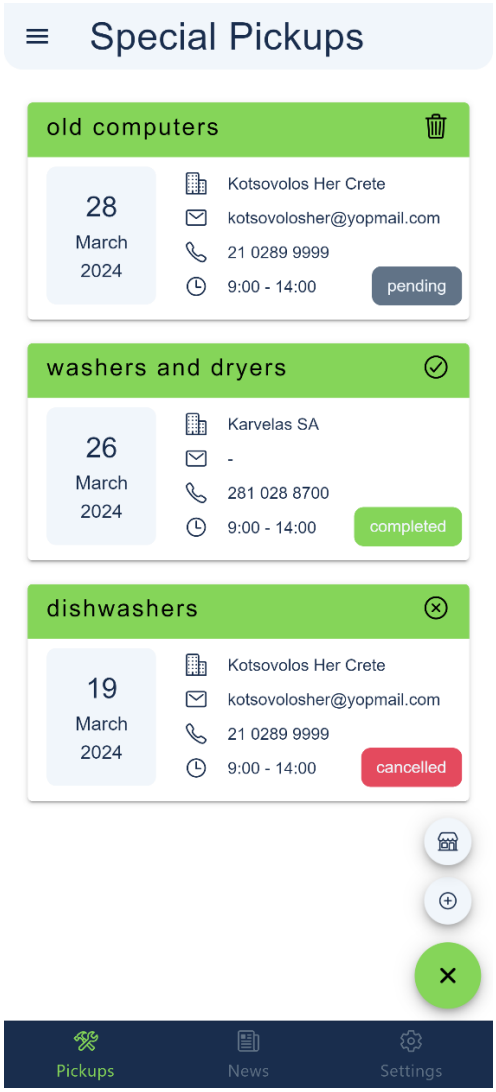
Πρακτικά αυτές οι συσκευές εάν ανακυκλωθούν ορθά μπορούν να προσφέρουν πολλαπλά οφέλη αφού και θα αποφευχθεί η μόλυνση του περιβάλλοντος με τοξικές και επιβλαβείς ουσίες αλλά και τα υλικά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά εξοικονομώντας πόρους από την εξόρυξη άλλων τέτοιων υλικών.

Ο χρήστης μπορεί να ψάξει μαγαζιά με την χρήστη των Google maps και να ενημερωθεί για το τι ανακύκλωση προσφέρει το κάθε μαγαζί καθώς και επίσης να κλείσει ένα ραντεβού με κάποιο κατάστημα για να γίνει παραλαβή από τον χώρο του χρήστη, δίνοντας την δυνατότητα να μπορούν να ανακυκλώσουν τις παλιές τους συσκευές άνθρωποι που δεν έχουν κάποιο μέσο ή δυνατότητα να τις μεταφέρουν.

Πηγαίνοντας από το μενού στην σελίδα των κατ' οίκων παραλαβών μπορεί να δει το ιστορικό συσκευών που έχει ήδη ανακυκλώσει. Η κατάσταση της παραλαβής μπορεί να είναι είτε σε εκκρεμότητα, είτε ακυρωθέν, είτε ολοκληρωμένη.



Εικόνα 28: Σελίδα κατ' οίκων παραλαβών με το ιστορικό χρήστη

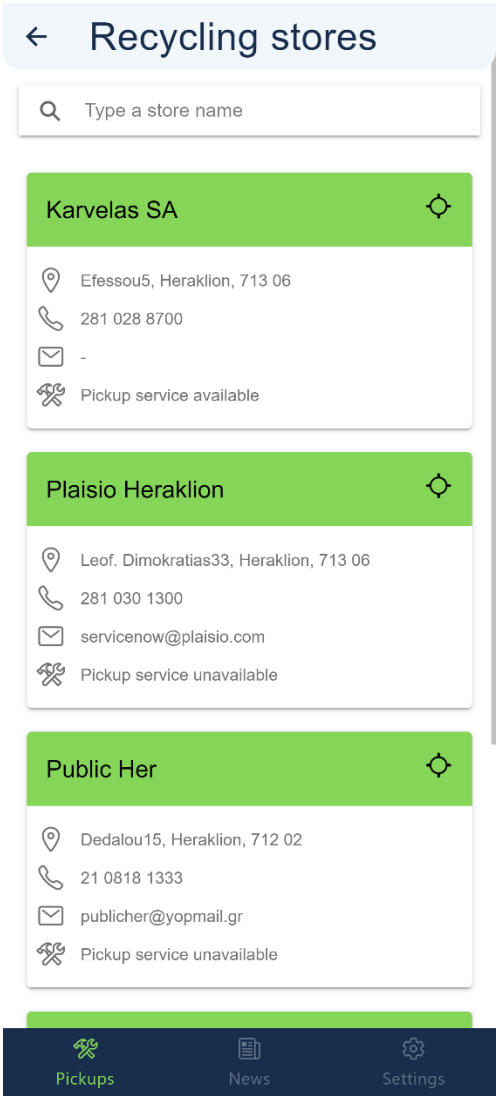


Εικόνα 29: Μενού επιλογών bubble

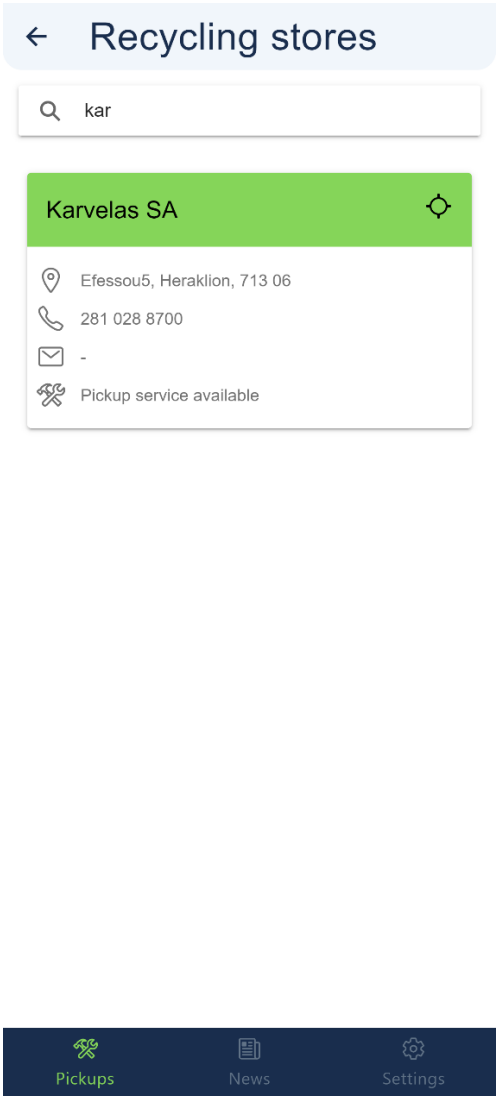
Πατώντας πάνω στο εικονίδιο με το βέλος θα ανοίξει το μενού επιλογών για να πραγματοποιήσει μια νέα κατ' οίκων παραγγελία ή να αναζητήσει καταστήματα που προσφέρουν ανακύκλωση στην πόλη του.

Πατώντας την επιλογή να αναζητήσει καταστήματα θα οδηγηθεί στην σελίδα των καταστημάτων. Εδώ θα έχει την δυνατότητα να δει όλα τα διαθέσιμα μαγαζιά ή με την επιλογή αναζήτησης στην κορυφή μπορεί να ψάξει κάποιο συγκεκριμένο.

Πάνω στην κάρτα κάθε μαγαζιού δίνεται η δυνατότητα να το εμφανίσει η εφαρμογή στους χάρτες σημαδεμένο και πατώντας στην πινέζα θα εμφανιστούν οι αναλυτικές πληροφορίες του μαγαζιού με το ωράριο εργασίας του, τις συσκευές που ανακυκλώνει, εάν προσφέρει κατ' οίκων παραλαβή αλλά και άλλες πληροφορίες όπως τηλέφωνο και email.



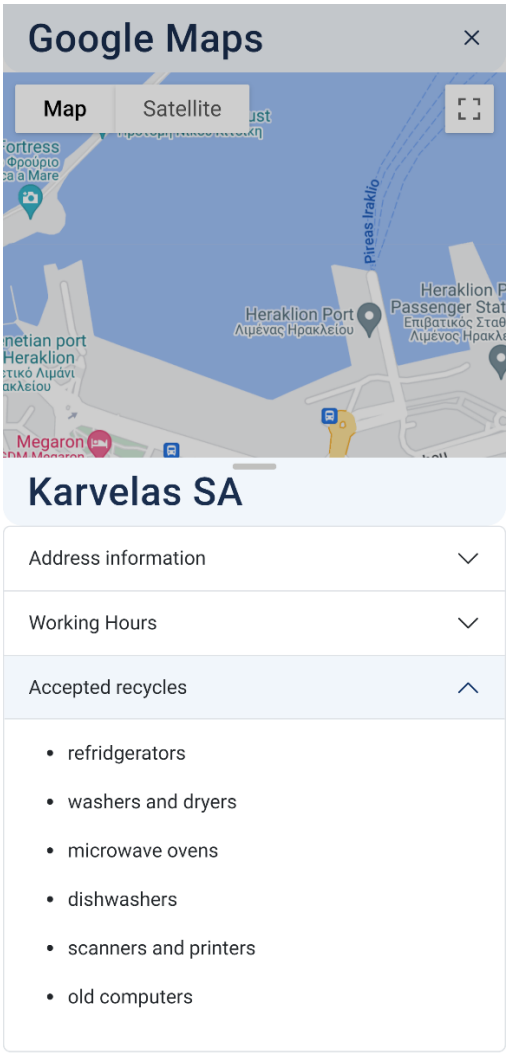
Εικόνα 30: Η σελίδα καταστημάτων



Εικόνα 31: Δυναμικό φιλτράρισμα με βάση το όνομα του καταστήματος



Εικόνα 32: Εμφάνιση καταστήματος στους χάρτες Google



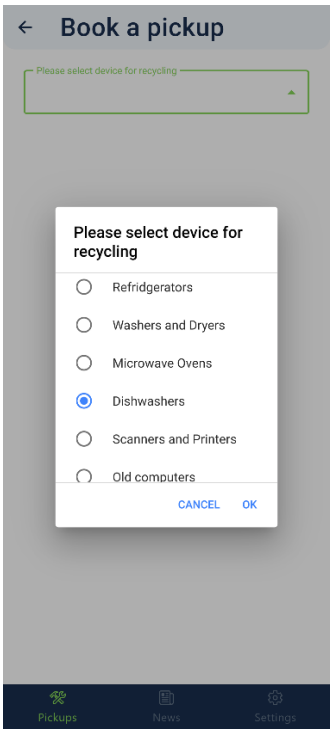
Εικόνα 33: Αναλυτικές πληροφορίες καταστήματος μέσα σε αναδυόμενο παράθυρο στους χάρτες

Στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει να κλείσει ένα νέο ραντεβού κατ' οίκων παραλαβής με κάποιο κατάστημα, τότε θα πρέπει να πάει στην συγκεκριμένη σελίδα πατώντας το σύμβολο + από την αρχική σελίδα. Η διαδικασία αυτή γίνεται σε τρία βήματα:

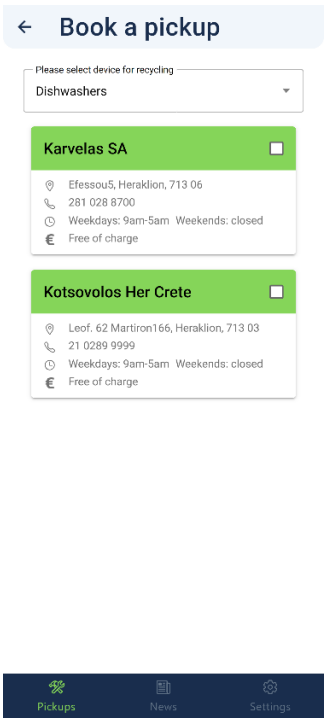
- Διαλέγει την ηλεκτρική συσκευή που θα ήθελε να ανακυκλώσει από την λίστα με τις διαθέσιμες επιλογές.
- Στο επόμενο βήμα η εφαρμογή θα ανιχνεύσει όλα τα μαγαζιά που προσφέρουν ανακύκλωση κατ' οίκων για την συγκεκριμένη συσκευή και ο χρήστης θα επιλέξει αυτό της αρεσκείας του.
- Στο τρίτο και τελευταίο βήμα θα του ζητηθεί να επιλέξει μια ημερομηνία, όταν τ κάνει θα μπορεί να ολοκληρώσει το ραντεβού για ανακύκλωση συσκευής και την παραλαβή από τον χώρο του.

Σε όλα την διαδικασία η εφαρμογή ελέγχει δυναμικά την είσοδο δεδομένων του χρήστη για την αποφυγή τυχών λαθών, δίνοντας του όλες τις έγκυρες πληροφορίες που χρειάζεται και την καθοδήγηση για να ολοκληρώσει την παραλαβή από τον χώρο του με επιτυχία. Για παράδειγμα ο χρήστης μπορεί να θέλει να ανακυκλώσει συσκευή που δεν υπάρχει στην λίστα, να επιλέξει ένα κατάστημα που δεν ανακυκλώνει την συγκεκριμένη συσκευή ή και ακόμα δεν

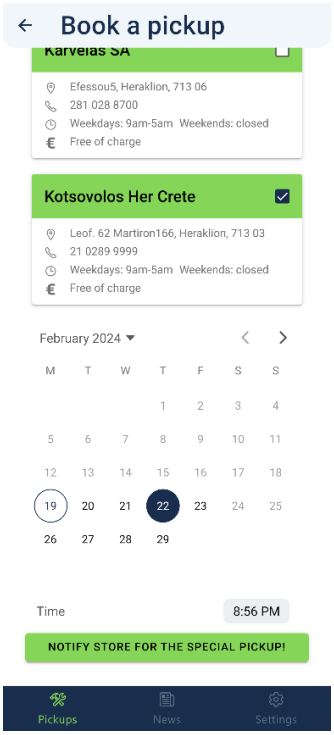
προσφέρει καθόλου την κατ' οίκων παραλαβή αλλά και φυσικά να κάνει λάθος στην ημερομηνία επιλέγοντας μια ημερομηνία από το παρελθόν όπου αυτό δεν είναι δυνατόν.



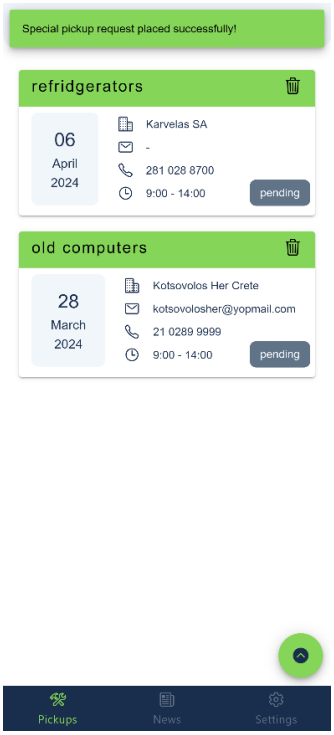
Εικόνα 34: Βήμα 1 - Επιλογή ηλεκτρικής συσκευής για ανακύκλωση



Εικόνα 35: Βήμα 2 - Επιλογή καταστήματος για την κατ' οίκων παραλαβή

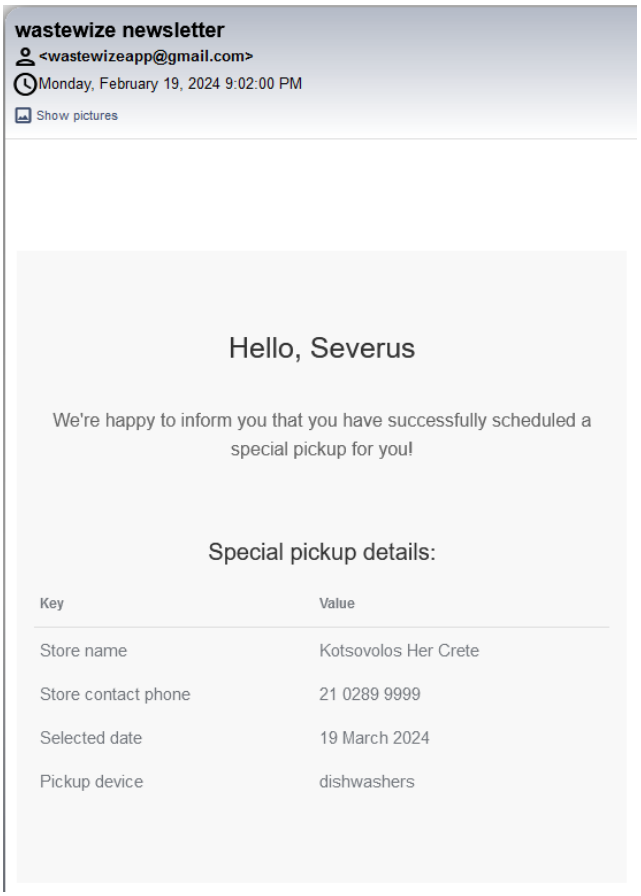


Εικόνα 36: Βήμα 3 - Επιλογή ημερομηνίας για την κατ' οίκων παραλαβή από το κατάστημα



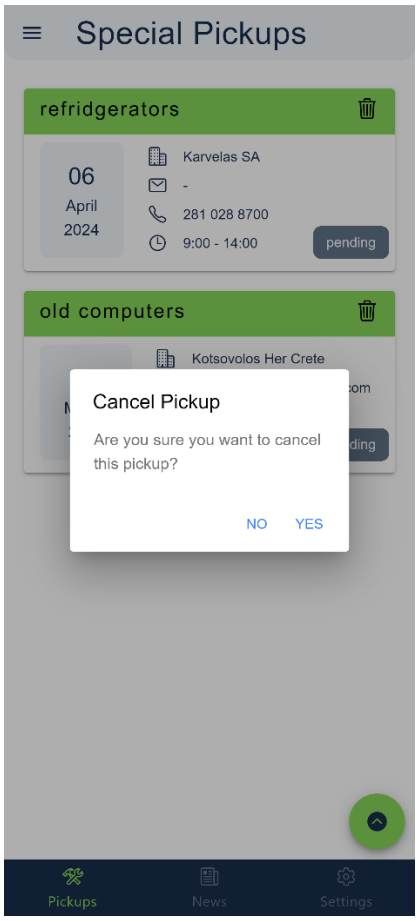
Εικόνα 37: Ολοκλήρωση διαδικασίας για κατ' οίκων παραλαβή

Ο χρήστης μόλις ολοκληρώσει με επιτυχία την κατ' οίκων ανακύκλωση με κάποιο κατάστημα, θα λάβει ένα αυτοματοποιημένο email με την σύνοψη της παραγγελίας του.



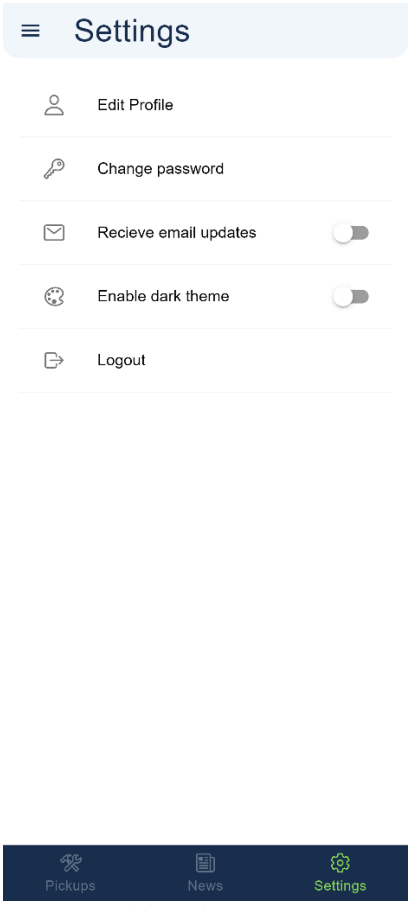
Εικόνα 38: Αυτοματοποιημένο email κατόπιν επιτυχημένου ραντεβού για κατ' οίκων ανακύκλωση συσκευής

Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη εάν θελήσει να μπορεί να ακυρώσει μια κατ' οίκων παραλαβή.

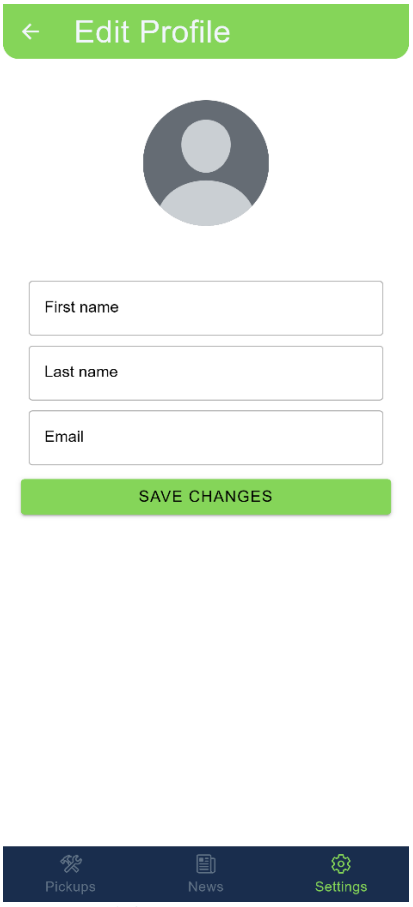


Εικόνα 39: Ακύρωση κατ' οίκων ανακύκλωσης από τον χρήστη

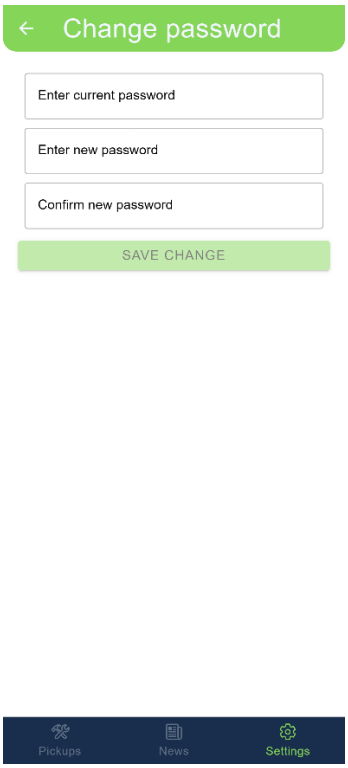
Τελευταία σελίδα στις κύριες λειτουργίες της εφαρμογής είναι αυτή των ρυθμίσεων. Εδώ ο χρήστης να μπορεί να ανανεώσει τα προσωπικά του στοιχεία όπως όνομα, επίθετο, το email αλλά και να αλλάξει τον κωδικό του. Επίσης υπάρχει δυνατότητα να επιλέξει να σταματήσει να λαμβάνει αυτοματοποιημένα email αλλά και να επιλέξει τα χρώματα στην εφαρμογή ανάμεσα στο ανοιχτόχρωμο θέμα και το σκουρόχρωμο θέμα έχοντας μια πιο ευχάριστη εμπειρία αλλά και μεγαλύτερη άνεση στα μάτια εάν τον ενοχλούν τα ανοιχτά χρώματα .



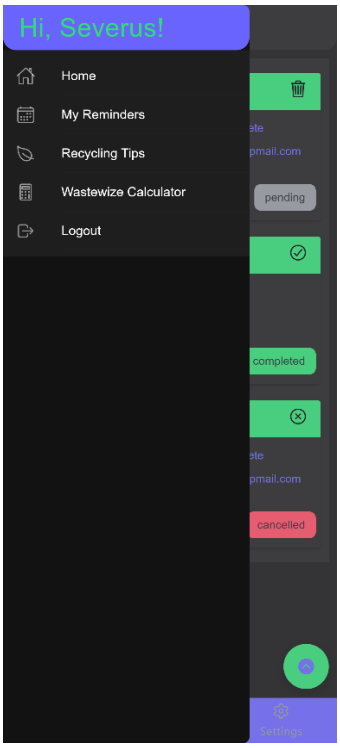
Εικόνα 40: Σελίδα ρυθμίσεων στην εφαρμογή



Εικόνα 41: Σελίδα ανανέωσης στοιχείων χρήστη



Εικόνα 42: Σελίδα αλλαγής κωδικού



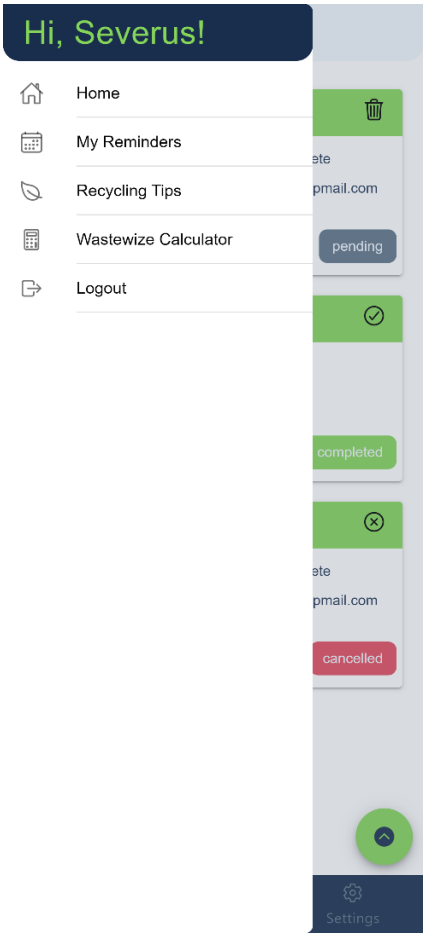
Εικόνα 43: Επιλογή σκούρων χρωμάτων για μεγαλύτερη άνεση και πιο ξεκούραστη χρήση της εφαρμογής

7.2.3 Περιγραφή έξτρα λειτουργιών της εφαρμογής

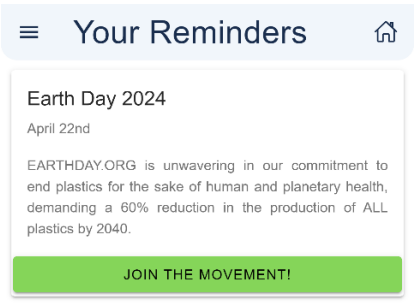
Για την καλύτερη περιήγηση του χρήστη στη εφαρμογή έχει δημιουργηθεί και ένα burger-menu στην κορυφή δίπλα στον τίτλο της σελίδας. Αυτό βρίσκεται εκεί καθ΄ όλη την διάρκεια της περιήγησης και ο σκοπός αυτού είναι να δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να αλλάζει σελίδες πιο γρήγορα και άμεσα αλλά και τρείς έξτρα λειτουργίες της εφαρμογής.

Η πρώτη λειτουργία είναι οι υπενθυμίσεις. Εδώ υπάρχουν αποθηκευμένα σημαντικά γεγονότα που ίσως να το ενδιαφέρουν τον χρήστη και του δίνουν συνδέσμους σε εξωτερικές πηγές για να μπορεί να ενημερωθεί αλλά και να λάβει μέρος σε δράσης που γίνονται με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος.

Στον χρήστη που έχουμε ενεργό στην εφαρμογή μας, έχουμε σαν υπενθύμιση την παγκόσμια ήμερα γης όπου είναι τον επερχόμενο Απρίλιο. Ο χρήστης πατώντας στον σύνδεσμο μπορεί να μεταφερθεί στην ιστοσελίδα earthday.org και να ενημερωθεί με τα τελευταία δρόμενα γύρω από την ανακύκλωση και την διαχείριση των απορριμμάτων του αλλά και για δράσεις που μπορούν να γίνουν κοντά στην τοποθεσία του και να λάβει μέρος σε αυτές εάν το επιθυμεί, όπως για παράδειγμα ο καθαρισμός μιας παραλίας ή η συλλογή και απόρριψη σκουπιδιών από κάποιο πάρκο της πόλης του.



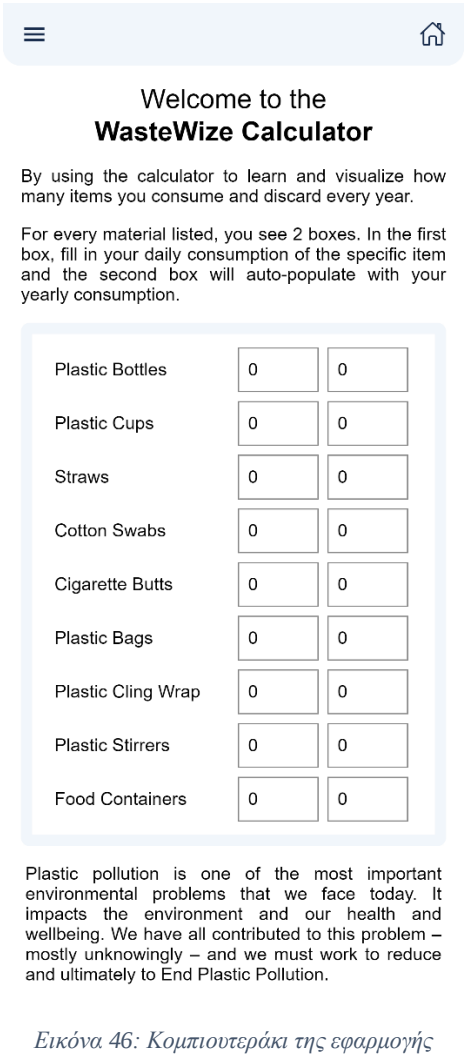
Εικόνα 44: Burger-menu για ευκολότερη περιήγηση στην εφαρμογή



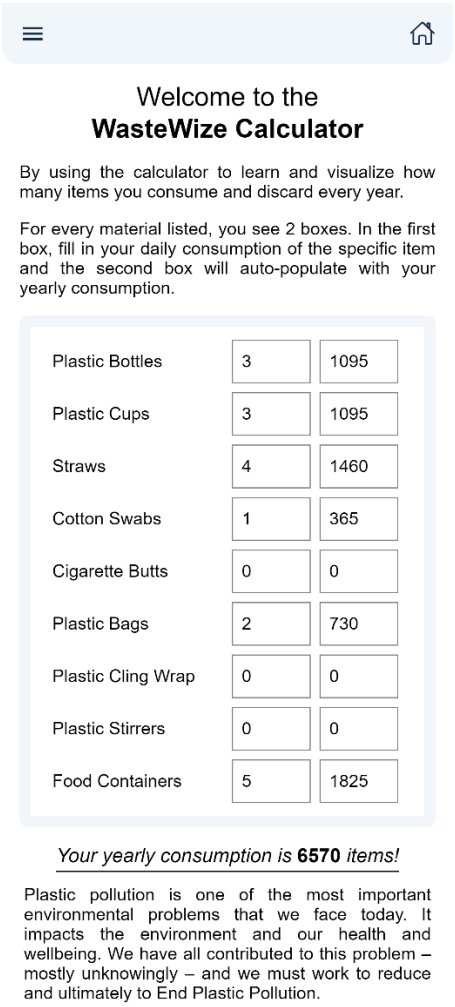
Εικόνα 45: Σελίδα υπενθυμίσεων εφαρμογής

Η δεύτερη λειτουργία της εφαρμογής είναι το waste wise calculator. Ουσιαστικά είναι ένα κομπιουτεράκι όπου έχει επιλογές αντικειμένων που χρησιμοποιούμε όλοι καθημερινά στην ζωή μας.

Ο χρήστης μπορεί να δώσει σαν δεδομένα πόσα από αυτά τα αντικείμενα χρησιμοποιεί καθημερινά και σε τι ποσότητα και η εφαρμογή θα υπολογίσει τα ποσά που καταναλώνουμε σε ετήσια βάση. Αυτή η οπτικοποίησή θα βοηθήσει τον χρήστη να έχει μια καλύτερη και πιο ευρεία εικόνα για τις καθημερινές συνήθειες και καταναλώσεις του ώστε να μπορέσει να βάλει στόχους, να περιορίσει την χρήση κάποιων αντικειμένων ή και να βρει εναλλακτικές ώστε να βελτιώσει το αποτύπωμα του στον πλανήτη.

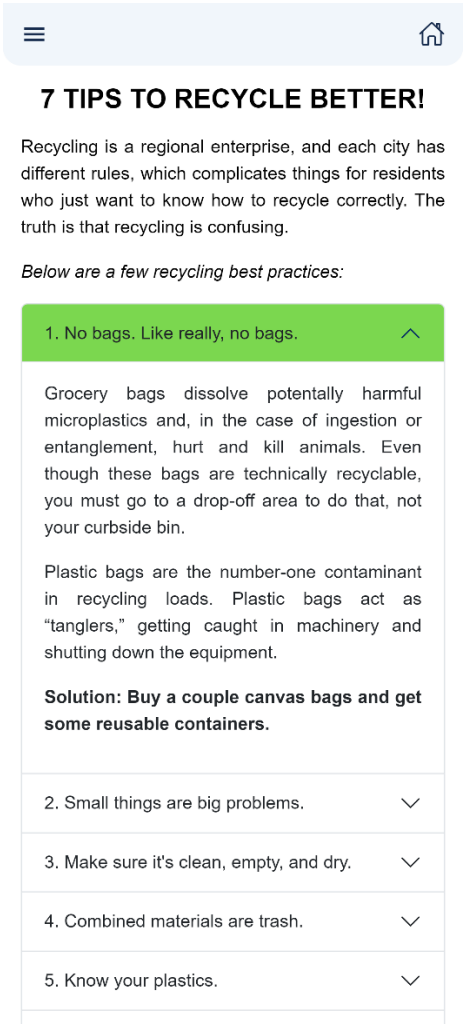


Εικόνα 46: Κομπιουτεράκι της εφαρμογής

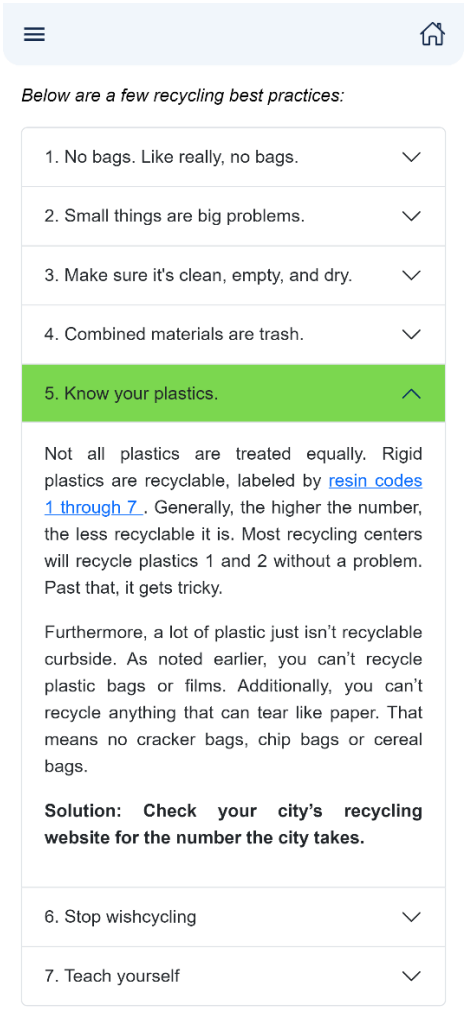


Εικόνα 47: Συνολικός υπολογισμός των αντικειμένων καθημερνής χρήσης

Η τελευταία λειτουργία της εφαρμογής είναι η σελίδα με τις συμβουλές. Επειδή πολλοί άνθρωποι δεν αφιερώνουν χρόνο για να ενημερωθούν ή να ψάξουν εναλλακτικές λύσεις τους παρέχουμε εμείς μια ολοκληρωμένη λύση όπου συγκεντρώνει πληροφορίες, προτάσεις αλλά και εξωτερικούς συνδέσμους σε πηγές για να βρουν προτάσεις να αντικαταστήσουν τις καθημερινές συσκευές που χρησιμοποιούν με άλλες που είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον.



Εικόνα 48: Σελίδα συμβουλών



Εικόνα 49: Σελίδα συμβουλών με εξωτερικές πηγές

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα

Η διερεύνηση της διαχείρισης των απορριμμάτων στις αστικές περιοχές, όπως περιγράφεται λεπτομερώς στα προηγούμενα κεφάλαια, φωτίζει τον περίπλοκο ιστό των προκλήσεων και των ευκαιριών που παρουσιάζει αυτή η κρίσιμη πτυχή της αστικής ανάπτυξης. Μέσα από μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση των ιστορικών προοπτικών, των τρεχουσών πρακτικών και των πιθανών μελλοντικών τροχιών, αποκτήσαμε πληροφορίες για την πολύπλευρη φύση της διαχείρισης απορριμμάτων. Επιπλέον, η εξέταση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη υιοθέτησης βιώσιμων και αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης αποβλήτων.

Η επιστημονική ανάλυση των πρακτικών διαχείρισης απορριμμάτων, των ιστορικών πλαισίων και των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων αποκαλύπτει την ανάγκη για μια ολοκληρωμένη και ολιστική προσέγγιση για την αντιμετώπιση των πολυπλοκοτήτων που είναι εγγενείς στα αστικά απόβλητα. Η επιστημονική βιβλιογραφία που συμβουλεύτηκε σε όλη αυτή τη μελέτη παρέχει ένα θεμέλιο για τη λήψη αποφάσεων βάσει στοιχείων, τονίζοντας τη σημασία της διεπιστημονικής συνεργασίας, της τεχνολογικής καινοτομίας και της δέσμευσης της κοινότητας.

Οι μελέτες περιπτώσεων πόλεων που εφαρμόζουν επιτυχημένες στρατηγικές διαχείρισης απορριμμάτων χρησιμεύουν ως φάροι έμπνευσης για τους πολεοδόμους, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τις κοινότητες γενικότερα. Είτε μέσω του σχολαστικού διαχωρισμού των απορριμμάτων, των αρχών της κυκλικής οικονομίας, των καινοτόμων τεχνολογιών ανακύκλωσης ή των πρωτοβουλιών με γνώμονα την κοινότητα, αυτές οι πόλεις αποτελούν παράδειγμα της δυνατότητας για θετική αλλαγή στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων. Τα διδάγματα που προκύπτουν από αυτές τις περιπτωσιολογικές μελέτες υπογραμμίζουν την προσαρμοστικότητα και την επεκτασιμότητα των επιτυχημένων στρατηγικών, προσφέροντας ένα σχέδιο για τα άλλα αστικά κέντρα προς μίμηση.

Παράλληλα, η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα, όπως περιγράφεται στην πρακτική ενότητα, εισάγει ένα προληπτικό εργαλείο για την ενδυνάμωση των ατόμων στις προσπάθειές τους για τη διαχείριση απορριμμάτων. Αξιοποιώντας τεχνολογίες αιχμής όπως Ionic/Angular, Node.js, MongoDB και Analytics, η εφαρμογή παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για καλύτερη και ενημερωμένη λήψη αποφάσεων, στοχεύοντας να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ ευαισθητοποίησης και δράσης, ενισχύοντας μια κουλτούρα υπεύθυνης διαχείρισης απορριμμάτων μεταξύ των χρηστών.

Καθώς ολοκληρώνουμε αυτήν την εξερεύνηση, είναι προφανές ότι η αποτελεσματική διαχείριση των απορριμμάτων υπερβαίνει την απλή διάθεση των απορριμμάτων και απαιτεί μια αλλαγή προς τη βιώσιμη χρήση των πόρων, την περιβαλλοντική διαχείριση και την ανθεκτικότητα της κοινότητας. Η ενοποίηση επιστημονικών γνώσεων, βέλτιστων πρακτικών και πρακτικών εφαρμογών μας τοποθετεί στην πρώτη γραμμή ενός μετασχηματιστικού ταξιδιού προς ένα πιο βιώσιμο και ανθεκτικό αστικό μέλλον. Είναι συλλογική μας ευθύνη να λάβουμε υπόψη τα διδάγματα που αντλήθηκαν και να προχωρήσουμε στην αναζήτηση αστικών περιβαλλόντων όπου τα απόβλητα όχι απλώς απορρίπτονται αλλά αντιμετωπίζονται ως πολύτιμος πόρος στην ευρύτερη ταπετσαρία της βιώσιμης ζωής.

Αναφορές

[1] Hussain et al., 2018 M. Hussain, J.J. Bird, D.R. Faria September). A study on cnn transfer learning for image classification, Springer, Cham (2018), pp. 191-202

[2] K. Ashton, "That "internet of things" thing," *RFiD Journal*, vol. 22, pp. 97–114, 2009.

[3] M. T. Lazarescu, "Design of a WSN platform for long-term environmental monitoring for IoT applications," *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 45–54, 2013.

[4] S. D. T. Kelly, N. K. Suryadevara, and S. C. Mukhopadhyay, "Towards the implementation of IoT for environmental condition monitoring in homes," *IEEE Sensors Journal*, vol. 13, no. 10, pp. 3846–3853, 2013.

[5] K. Gama, L. Touseau, and D. Donsez, "Combining heterogeneous service technologies for building an internet of things middleware," *Computer Communications*, vol. 35, no. 4, pp. 405–417, 2012.

[6] L. Foschini, T. Taleb, A. Corradi, and D. Bottazzi, "M2M-based metropolitan platform for IMS-enabled road traffic management in IoT," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 11, pp. 50–57, 2011.

[7] A. J. Jara, M. A. Zamora, and A. F. G. Skarmeta, "An internet of things-based personal device for diabetes therapy management in ambient assisted living (AAL)," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 15, no. 4, pp. 431–440, 2011.

[8] S. Tozlu, M. Senel, W. Mao, and A. Keshavarzian, "Wi-Fi enabled sensors for internet of things: a practical approach," *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 6, pp. 134–143, 2012.

[9] X. Li, R. Lu, X. Liang, X. Shen, J. Chen, and X. Lin, "Smart community: an internet of things application," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 11, pp. 68–75, 2011.

[10] I. Nielsen, M. Lim, and P. Nielsen, "Optimizing supply chain waste management through the use of RFID technology," in *Proceedings of the IEEE International Conference on RFID-Technology and Applications*, pp. 296–301, Guangzhou, China, June 2010.

[11] Z. Lizong, A. Anthony, and H. Yu, "Knowledge management application of internet of things in construction waste logistics with RFID technology," *International Journal of Computing Science and Communication Technologies*, vol. 5, no. 1, pp. 760–767, 2012.

[12] Ihsanullah, I., Alam, G., Jamal, A., & Shaik, F. (2022). Recent advances in applications of artificial intelligence in solid waste management: A review. *Chemosphere*, 136631.

[13] Kurniawan, T. A., Meidiana, C., Othman, M. H. D., Goh, H. H., & Chew, K. W. (2023). Strengthening waste recycling industry in Malang (Indonesia): Lessons from waste management in the era of Industry 4.0. *Journal of Cleaner Production*, *382*, 135296.

[14] Khan, A. H., López-Maldonado, E. A., Khan, N. A., Villarreal-Gómez, L. J., Munshi, F. M., Alsabhan, A. H., & Perveen, K. (2022). Current solid waste management strategies and energy recovery in developing countries-State of art review. *Chemosphere*, *291*, 133088.

[15] Andeobu, L., Wibowo, S., & Grandhi, S. (2022). Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia: A systematic review. *Science of The Total Environment*, *834*, 155389.

[16] Salehi-Amiri, A., Akbapour, N., Hajiaghaei-Keshteli, M., Gajpal, Y., & Jabbarzadeh, A. (2022). Designing an effective two-stage, sustainable, and IoT based waste management system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *157*, 112031.

[17] Papamichael, I., Chatziparaskeva, G., Pedreno, J. N., Voukkali, I., Candel, M. B. A., & Zorpas, A. A. (2022). Building a new mind set in tomorrow fashion development through circular strategy models in the framework of waste management. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, *36*, 100638.

[18] Kurniawan, T. A., Liang, X., O'Callaghan, E., Goh, H., Othman, M. H. D., Avtar, R., & Kusworo, T. D. (2022). Transformation of solid waste management in China: Moving towards sustainability through digitalization-based circular economy. *Sustainability*, *14*(4), 2374.

[19] Hasan, M. K., Khan, M. A., Issa, G. F., Atta, A., Akram, A. S., & Hassan, M. (2022, February). Smart waste management and classification system for smart cities using deep learning. In *2022 International Conference on Business Analytics for Technology and Security (ICBATS)* (pp. 1-7). IEEE.

[20] Budihardjo, M. A., Priyambada, I. B., Chegenizadeh, A., Al Qadar, S., & Puspita, A. S. (2023). Environmental impact technology for life cycle assessment in municipal solid waste management. *Global Journal of Environmental Science and Management*, *9*(Special Issue (Eco-Friendly Sustainable Management)), 145-172.

[21] Shahsavar, M. M., Akrami, M., Kian, Z., Gheibi, M., Fathollahi-Fard, A. M., Hajiaghaei-Keshteli, M., & Behzadian, K. (2022). Bio-recovery of municipal plastic waste management based on an integrated decision-making framework. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *108*, 215-234.

[22] Adu-Gyamfi, G., Asamoah, A. N., Nketiah, E., Obuobi, B., Adjei, M., Cudjoe, D., & Zhu, B. (2023). Reducing waste management challenges: Empirical assessment of waste sorting intention among corporate employees in Ghana. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *72*, 103261.

[23] Uganya, G., Rajalakshmi, D., Teekaraman, Y., Kuppusamy, R., & Radhakrishnan, A. (2022). A novel strategy for waste prediction using machine learning algorithm with IoT based intelligent waste management system. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2022*.

[24] Shah, S. A. R., Zhang, Q., Abbas, J., Tang, H., & Al-Sulaiti, K. I. (2023). Waste management, quality of life and natural resources utilization matter for renewable electricity generation: The main and moderate role of environmental policy. *Utilities Policy*, *82*, 101584.

[25] Razip, M. M., Savita, K. S., Kalid, K. S., Ahmad, M. N., Zaffar, M., Rahim, E. E. A., ... & Ahmadian, A. (2022). The development of sustainable IoT E-waste management guideline for households. *Chemosphere*, *303*, 134767.

[26] Sakthipriya, N. (2022). Plastic waste management: A road map to achieve circular economy and recent innovations in pyrolysis. Science of The Total Environment, 809, 151160.

[27] Viva, L., Ciulli, F., Kolk, A., & Rothenberg, G. (2020). Designing circular waste management strategies: The case of organic waste in Amsterdam. Advanced Sustainable Systems, 4(9), 2000023.

[28] Amri, S., Soesilo, T. B., & Martono, D. N. (2020, August). Optimization of waste management in developing countries with spatial approaches (Study case: Depok City and Curitiba City). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 561, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.

[29] Woodard, R. (2020). Waste management in Small and Medium Enterprises (SMEs)–A barrier to developing circular cities. Waste management, 118, 369-379.

[30] Ahamed, A., Vallam, P., Iyer, N. S., Veksha, A., Bobacka, J., & Lisak, G. (2021). Life cycle assessment of plastic grocery bags and their alternatives in cities with confined waste management structure: A Singapore case study. Journal of Cleaner Production, 278, 123956.

[31] Medina-Mijangos, R., & Seguí-Amórtegui, L. (2021). Technical-economic analysis of a municipal solid waste energy recovery facility in Spain: A case study. Waste Management, 119, 254-266.