

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



ΔΙΑΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ- ATHENS MBA

**Τεχνολογίες Ιχνηλασιμότητας Απορριμμάτων για τη Μείωση της
Θαλάσσιας Ρύπανσης από Πλαστικό - Η Περίπτωση της Πλαστικής
Φιάλης**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κυρίτσης Νίκος

Μηχανικός Παραγωγής & Διοίκησης

Επιβλέπων

Σταύρος Πόνης

Αθήνα, Φλεβάρης 2020

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 27^η Φεβρουαρίου 2020.

.....
Σταύρος Πόνης	Νικόλαος Παναγιώτου	Κωνσταντίνος Κηρυττόπουλος
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΔΗΛΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία για τη λήψη του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων, έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό.

Η εργασία αυτή έχοντας εκπονηθεί από εμένα, αντιπροσωπεύει τις προσωπικές μου απόψεις επί του θέματος. Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής αναφέρονται στο σύνολό τους, δίνοντας πλήρεις αναφορές στους συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο.

Ονοματεπώνυμο

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Πόνη Σταύρο, καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, ο οποίος μου εμπιστεύτηκε την παρούσα διπλωματική εργασία, με καθοδήγησε και μου πρόσφερε σημαντική βοήθεια όποτε τη χρειαζόμουν, σε μια ιδιαίτερα δύσκολη και απαιτητική περίοδο της ζωής μου

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω και τη σύζυγό μου καθώς και τα αγαπημένα μου πρόσωπα που με στήριξαν και χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσα να είχα κατορθώσει κάτι.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τη σημερινή εποχή, παράγοντες όπως η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, ο υπερκαταναλωτισμός και η μαζική βιομηχανική ανάπτυξη των κρατών έχουν συντελέσει σε ολοένα αυξανόμενους ρυθμούς παραγωγής προϊόντων και συνεπώς και αποβλήτων. Τα στερεά απορρίμματα αρχίζουν να δημιουργούν ένα σοβαρό περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό πρόβλημα για όλες τις σύγχρονες οικονομίες. Στο πλαίσιο αυτό, όλο και περισσότερο εντοπίζονται σήμερα πλαστικά απορρίμματα σε θάλασσες και ακτές. Η μόλυνση αυξάνει και προκαλείται εντονότερη αλλοίωση τόσο του φυτικού όσο και του ζωικού θαλάσσιου οικοσυστήματος. Για αυτόν το λόγο είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης, ενώ ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται και η αξιοποίηση τεχνολογιών διαχείρισης των παραγόμενων πλαστικών απορριμμάτων πριν αυτά καταλήξουν στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Σε αυτήν την εργασία περιγράφονται αναλυτικά οι αιτίες του προβλήματος, τα σημεία εναπόθεσης πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα, οι συνέπειες και οι ενέργειες που γίνονται από διεθνείς οργανισμούς για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Στη συνέχεια περιγράφονται οι διάφορες τεχνολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν για τη διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων πριν εκείνα καταλήξουν στις θάλασσες. Περιγράφεται επίσης η επίδραση των καιρικών δεδομένων στη μεταφορά των πλαστικών αποβλήτων από χερσαίες πηγές σε υδάτινο περιβάλλον (π.χ. λίμνες, ποτάμια, θάλασσες).

Μεγάλης σημασίας θεωρείται η ιχνηλασιμότητα των πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες και ακτές. Έτσι, μπορούν να δοθούν χρήσιμες πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο κινούνται τα πλαστικά απόβλητα στη θάλασσα, τις χερσαίες πηγές προέλευσής τους καθώς και τις περιοχές στις οποίες συγκεντρώνονται. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να λάβουν χώρα στη συνέχεια οι κατάλληλες ενέργειες για απομάκρυνση των αποβλήτων και καθαρισμού της περιοχής. Για το σκοπό αυτό μπορούν να αξιοποιηθούν διάφορες τεχνολογίες, όπως η ανάλυση εικόνας με τη χρήση βιντεοκάμερας ή δορυφόρων οι οποίες περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο της διατριβής. Κύριο βάρος δίνεται σε τεχνολογικές λύσεις Γιοτ (Internet of Things), οι οποίες μέσω της χρήσης κατάλληλων αισθητήρων και λογισμικού μπορούν να αποτελέσουν την ενδεδειγμένη λύση για τη συλλογή και επεξεργασία των απαιτούμενων δεδομένων. Οι λύσεις αυτές ενσωματώνουν τη δυνατότητα συνδεσιμότητας σε δίκτυο -κατά κύριο λόγο τεχνολογίας υπολογιστικού νέφους (Cloud-IoT) καθιστώντας έτσι δυνατή τη μετάδοση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε υπολογιστές αλλά και σε εφαρμογές κινητών συσκευών (mobile apps).

Λέξεις-κλειδιά: Πλαστικά απορρίμματα, Θάλασσες, Μόλυνση, Τεχνολογίες διαχείρισης, Ιχνηλασιμότητα, Βιντεοκάμερα, Δορυφόροι, IoT.

ABSTRACT

In the present era, factors such as global population growth, over-consumption and massive industrialization in the countries have contributed to ever-increasing rates of production of products and therefore of waste. Solid waste is beginning to pose a serious environmental, economic and social problem for all modern economies. In this framework, plastic waste is increasingly being detected in seas and coasts. Pollution increases and it causes a greater deterioration of both the plant and animal marine ecosystem. For this reason, it is necessary to take measures, and the use of technologies for the management of the plastic waste produced before it reaches the marine environment, is considered particularly important. The influence of the weather factors to the transportation of the plastic waste from land sources to the water environment (f.e. rivers, lakes, sea) is described too.

This paper describes in detail the causes, points of disposal of plastic waste in the sea, the consequences and actions taken by international organizations to address the problem. Afterwards the various technologies that could be applied to the management of plastic waste before they reach the seas, are described.

Of great importance is the traceability of plastic waste in the seas and coasts. This can provide useful information on how plastic waste moves in the sea, its sources of origin and the areas in which they are collected. By this way, appropriate actions can be taken to remove the waste and clean the area. Various technologies can be utilized for this purpose, such as the use of a camcorder or satellites, described in the next chapter of this thesis. Focus is given on Internet of Things (IoT) technology solutions, which can be applied to collect and process data through the use of appropriate electronic media, sensors and software. These solutions integrate network connectivity and enable real-time data transfer to PCs and mobile phones.

Key-words: Plastic waste, Seas, Pollution, Management technologies, Traceability, Camcorder, Satellites, IoT

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ.....	14
2.1 Ρύπανση σε θάλασσες από απόβλητα/Πλαστικά απόβλητα	14
2.2 Αιτίες ρύπανσης από πλαστικά στις θάλασσες	16
2.3 Σημεία εναπόθεσης πλαστικών στη θάλασσα.....	18
2.4 Συνέπειες πλαστικών θαλάσσιων αποβλήτων	20
2.5 Συνέπειες πλαστικών αποβλήτων στην οικονομία.....	24
2.6 Ενέργειες για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης από πλαστικά.....	25
3. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	28
3.1 Βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων	28
3.2 Υγειονομική ταφή	29
3.3 Καύση/Αποτέφρωση.....	30
3.4 Κομποστοποίηση.....	31
3.5 Ανακύκλωση.....	33
4. ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΚΤΕΣ/ΘΑΛΑΣΣΕΣ.....	41
4.1 Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων στις ακτές	41
4.1.1 Πρωτοβουλία Marine LitterWatch.....	41
4.1.2 Marine Debris Tracker	43
4.2 Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε θάλασσες	44
4.2.1 Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων με χρήση τεχνολογίας βίντεο	44
4.2.2 Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων με τη χρήση δορυφόρων	51
4.2.3 Επίδραση των καιρικών δεδομένων στη μεταφορά/διασπορά πλαστικού	54
5. ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΙΟΤ ΣΕ ΑΚΤΕΣ/ΘΑΛΑΣΣΕΣ	57

5.1 ΙοΤ σύστημα-Αρχιτεκτονική/Εφαρμογές	57
5.2 Εφαρμογές ΙοΤ	62
5.3 Παραδείγματα τεχνολογικών λύσεων ΙοΤ για την ξηνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες	64
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΝΑΦΟΡΩΝ	79

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τα πλαστικά μπουκάλια αποτελούν σημαντική πλειονότητα πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες (Safety4sea).....	15
Σχήμα 2: Πλαστικά μικροσφαιρίδια σε καλλυντικά (Australian Academy of Chemists).....	16
Σχήμα 3: Ποτάμια με πλαστικά απορρίμματα μεταφέρουν το τοξικό τους φορτίο στη θάλασσα (Velis et al., 2017).....	17
Σχήμα 4: Η μεγάλη πυκνότητα κατοίκων γύρω από τον ποταμό Citarum οδηγεί συνάμα και σε μαζική μόλυνση του ποταμού με πλαστικά απορρίμματα (Velis et al., 2017)	18
Σχήμα 5: Το 1% των πλαστικών απορριμμάτων επιπλέει στη θάλασσα (Newsnowfinland).....	19
Σχήμα 6: Εικόνα από τη περιοχή της Μεγάλης Δίνης του Βορείου Ειρηνικού Ωκεανού όπου υπάρχει αθρόα συσσώρευση πλαστικών απορριμμάτων (Bluebirdelectric).....	20
Σχήμα 7: Εγκαταλειμμένα δίχτυα και αλιευτικά εργαλεία προκαλούν σημαντικούς κινδύνους στη θαλάσσια πανίδα (Brown, 2015)	21
Σχήμα 8: Σημαντικές οι επιπτώσεις στην υγεία των θαλάσσιων οργανισμών από την κατάποση πλαστικών συσκευασιών (WWF, 2018).....	23
Σχήμα 9: Τρόπος λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ).....	30
Σχήμα 10: Στεγανοποιημένος Χώρος Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ ΑΡΤΑΣ).....	30
Σχήμα 11: Βιοαντιδραστήρας (Τσόντζος, 2015)	32
Σχήμα 12: Αναερόβιοι βιολογικοί αντιδραστήρες (Λέκκα, 2013).....	33
Σχήμα 13: Στάδια σε μια κυκλική οικονομία (Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης, 2018).....	34
Σχήμα 14: Ιεράρχηση επίλογων διαχείρισης αποβλήτων (Τερζής, 2009).....	35
Σχήμα 15: Σύστημα διαχείρισης αστικών απορριμμάτων με 4 κάδους ξεχωριστούς για κάθε υλικό (πλαστικό, αλουμίνιο, γυαλί, συσκευασίες-έντυπο υλικό) (Νταρακάς, 2014)	36
Σχήμα 16: Κοντέινερ (Νταρακάς, 2014).....	36
Σχήμα 17: Πράσινο σημείο στο αμαξοστάσιο Σερρών (Ηλεκτρονική Εφημερίδα NEWSBOMB, 2016)	37
Σχήμα 18: Χειροδιαλογή αστικών απορριμμάτων από εργαζόμενους σε ΚΔΑΥ (Νταρακάς, 2014)	38
Σχήμα 19: Η ανακύκλωση απορριμμάτων σε χώρες της Καραϊβικής βοηθά στην αντιμετώπιση της μόλυνσης του περιβάλλοντος που προέρχεται από την εισχώρησή των στη θάλασσα (UN Environment).....	40

Σχήμα 20: Στάδια πρωτοβουλίας Marine Litter Watch για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε ευρωπαϊκές ακτές (ΕΕΑ)	42
Σχήμα 21: Καθαρισμός ακτών από ομάδα ατόμων ως 2 ^ο στάδιο της πρωτοβουλίας MarineLitter Watch μετά την ιχνηλασιμότητα απορριμμάτων στις παραλίες (ΕΕΑ, 2018).	43
Σχήμα 22: Σύστημα JRC SealitterCam (Galvani et al., 2011).....	45
Εικόνα 23: Χρήση μη- επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) μπορεί να συντελέσει στην ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε ακτές και θάλασσες (European Commission)..	46
Σχήμα 24: Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας σε ρηχά ύδατα (έως 40m) μπορεί να γίνει με δύτες και την χρήση υποβρύχιας βιντεοκάμερας (Katsanevakis et al., 2007)	48
Σχήμα 25: Η χρήση ρυμουλκούμενης βιντεοκάμερας συνίσταται για ιχνηλασιμότητα θαλάσσιων απορριμμάτων που βρίσκονται σε ρηχά επιφανειακά ύδατα (Lazo)	49
Σχήμα 26: Αυτόνομα υποβρύχια ρομπότ χρησιμοποιούνται για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε βαθιές θάλασσες (Ecaogroup)	50
Σχήμα 27: Φωτογραφία πλαστικού μπουκαλιού στο βυθό της θάλασσας έξω από τον Κόλπο των Νησιών Barbados μετά την κατάδυση κατευθυνόμενου υποβρύχιου οχήματος ROV (Fulton et al., 2018)	51
Σχήμα 28: Διαφορετικές συγκεντρώσεις πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες μετά από δεδομένα παρακολούθησης από δορυφόρους (ESA, 2018)	52
Εικόνα 29: Φωτογραφία μέσω δορυφόρου όπου απεικονίζεται η θαλάσσια μόλυνση από απορρίμματα που μεταφέρθηκαν στη θάλασσα (πράσινο ιριδίζον χρώμα) μετά τον τυφώνα Katrina στις 14.10.1999 (UCGS)	54
Σχήμα 30: Η κάμερα αποτελεί το βασικό μέρος του συστήματος HyMuDS (Chaczko et al., 2018)	64
Σχήμα 31: Μεταφορά δεδομένων από τον Server στο Διαδίκτυο μέσω της ασύρματης πύλης 5G (Chaczko et al., 2018)	65
Σχήμα 32: Φωτογραφία από μικροπλαστικά σωματίδια που ανιχνεύτηκαν σε υδάτινο περιβάλλον (Chaczko et al., 2018)	65
Σχήμα 33: Δίχτυα στη θάλασσα με εγκατεστημένη GPS συσκευή ανίχνευσης μπορούν να συντελέσουν στην ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων (Mejia- Muñoz, 2019).....	66
Σχήμα 34: Μια σφαιρική πλαστική φιάλη για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων απομακρύνει τους κινδύνους που μπορούν να δημιουργηθούν στη θαλάσσια πανίδα (Gashaw, 2019)	68

Σχήμα 35: Φιάλη εφοδιασμένη με GPS ανιχνευτή που αφέθηκε στο Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων που καταλήγουν στην Αρκτική (Arctic Today, 2019)	69
Σχήμα 36: Δορυφορική συσκευή ανίχνευσης SPOT (Laird, 2014).....	70
Σχήμα 37: Συνδυασμένη χρήση δορυφόρων και IoT για την αξιόπιστη ιχνηλασιμότητα πλαστικών αποβλήτων σε θαλάσσιο περιβάλλον (Javali et al., 2015)	72

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος στερεά απόβλητα (Solid Waste) συμπεριλαμβάνει τα απόβλητα που προέρχονται από νοικοκυριά, καθώς και άλλα απόβλητα, όπως αυτά από που προέρχονται από δραστηριότητες του εμπορίου και άλλες σχετικές δραστηριότητες, γραφεία και ιδρύματα όπως είναι τα σχολεία και τα νοσοκομεία. Σε αυτά ανήκουν επίσης και απόβλητα μεγάλου όγκου όπως είναι τα στρώματα και τα έπιπλα, καθώς και απόβλητα που προέρχονται από τους κήπους (φύλλα) καθώς και απόβλητα που προέρχονται όταν καθαρίζονται δρόμοι. Στερεά απόβλητα μπορεί να είναι επίσης και συνηθισμένα βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία διαχειρίζονται από την τοπική δημοτική κοινότητα (Νταρακάς, 2014), (Taelman et al, 2018).

Παράγοντες όπως: i) Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, ii) Η μαζική ανάπτυξη της βιομηχανίας και η διαρκής εκμετάλλευση φυσικών κοιτασμάτων, iii) Η υπερκαταναλωτισμός εξαιτίας και της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου της κοινωνίας, έχουν συντελέσει σε μια ολοένα και μεγαλύτερη άνοδο του όγκου των απορριμμάτων που παράγονται (Taelman et al., 2018). Αυτό το γεγονός επαληθεύεται από διάφορες στατιστικές έρευνες που λαμβάνουν χώρα. Για παράδειγμα, έρευνα δείχνει ότι οι τεράστιες ποσότητες απορριμμάτων παράγονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) τις τελευταίες δεκαετίες. Οι στατιστικές της ΕΕ δείχνουν ότι μέχρι το 2014 παράχθηκαν έως 2.6 δισεκατομμύρια τόνοι αποβλήτων, από τους οποίους οι περισσότεροι προέρχονται από οικονομικές δραστηριότητες όπως: Οι κατασκευές (34.7%), οι μεταλλευτικές βιομηχανίες (28,2%), ενώ τα νοικοκυριά συνεισέφεραν κατά 8.3% (Taelman et al., 2018).

Άλλη έρευνα δείχνει ότι 192 χώρες στην παράκτια ακτή Ατλαντικού, Ειρηνικού και Ινδικού Ωκεανού, Μεσογείου και Μαύρης Θάλασσας παρήγαγαν για παράδειγμα συνολικά 2.5 δισεκατομμύρια τόνους στερεών αποβλήτων. Από αυτούς τους τόνους, οι 275 εκατομμύρια τόνοι ήταν πλαστικά απορρίμματα (Velis et al., 2017). Οι ποσότητες των πλαστικών απορριμμάτων που παράγονται είναι τεράστιες. Και αυτό γιατί το πλαστικό θεωρείται ένα πολύ ανθεκτικό και ευπροσάρμοστο υλικό, το οποίο χρησιμοποιείται σε όλους σχεδόν τους τομείς της οικονομίας (Ten Brink et al., 2016).

Το πλαστικό διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στη συσκευασία για λιανικές δραστηριότητες και ως καθημερινό μέρος των αγορών των καταναλωτών. Πάνω από το 1/3 του παραγόμενου πλαστικού χρησιμοποιείται για τη συσκευασία (π.χ. φιάλες, κουτιά, δοχεία). Πολλά από τα παραγόμενα πλαστικά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων μιας χρήσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι περίπου 300 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών παράγονται ανά έτος παγκοσμίως. Η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών αυξήθηκε κατά 47% περίπου μεταξύ 2002 και 2013 και εξακολουθεί να αυξάνεται.

Η μεγάλη παραγωγή πλαστικού οδηγεί αυτόματα και σε μεγάλη παραγωγή πλαστικών αποβλήτων. Εκτιμάται ότι οι πηγές παραγωγής πλαστικών απορριμμάτων στο εσωτερικό μιας χώρας και οι ίδιες πηγές σε παράκτια μέρη συμβάλλουν κατά 750.000 έως 1.1 εκατομμύρια

τόνους και από 0.3 έως 3.25 εκατομμύρια τόνους πλαστικών αποβλήτων αντίστοιχα (Ten Brink et al., 2016).

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη συγγραφή της μεταπτυχιακής εργασίας ήταν η εξής: Αρχικά στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά για τα πλαστικά απορρίμματα στις θάλασσες. Αναλύονται οι αιτίες ύπαρξης πλαστικών απορριμμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον, οι αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούνται στο φυτικό και ζωικό οικοσύστημα με έμμεσες συνέπειες και για την ανθρώπινη υγεία ενώ στο τέλος περιγράφονται διάφορες ενέργειες που λαμβάνονται από διεθνείς οργανισμούς με σκοπό την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Στο 3^ο κεφάλαιο περιγράφονται διάφορες τεχνικές που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων ώστε να αντιμετωπιστεί εγκαίρως το πρόβλημα πριν αυτά καταλήξουν σε ακτές και θάλασσες και έτσι επέλθει μόλυνση του φυσικού περιβάλλοντος.

Στο 4^ο κεφάλαιο περιγράφονται διάφορες τεχνολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν για την ιχνηλασιμότητα των πλαστικών απορριμμάτων τόσο σε ακτές όσο και σε θάλασσες. Εφόσον εντοπιστούν τα απορρίμματα, στη συνέχεια μπορούν να λάβουν χώρα όλες οι απαραίτητες ενέργειες για έγκαιρο καθαρισμό της περιοχής. Παράλληλα, περιγράφεται η επίδραση των μετεωρολογικών παραγόντων στη διασπορά και μεταφορά του πλαστικού από τις χερσαίες πηγές σε υδάτινους πόρους (π.χ. λίμνες, ποτάμια, θάλασσες)

Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται ιδιαίτερη αναφορά δίνεται σε τεχνολογικές λύσεις IoT (Internet of Things) με σκοπό την ιχνηλασιμότητα των απορριμμάτων στη θάλασσα και την απεικόνιση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο στο διαδίκτυο. Στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρονται κόμβοι IoT από την αγορά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το δικό μας προϊόν.

Η συγγραφή της εργασίας έγινε με βάση την ερευνητική προσέγγιση και για τη διάρθρωσή της χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές: i) Δημοσιευμένα άρθρα σε περιοδικά, ii) Παραδόσεις διδασκαλίας από καθηγητές, iii) Αποσπάσματα από βιβλία, iv) Άρθρα δημοσιευμένα στο διαδίκτυο, v) Διαδικτυακοί ιστότοποι εταιρειών, vi) Διατριβές. Οι πηγές ελήφθησαν τόσο από την ελληνόγλωσση όσο και από την ξενόγλωσση βιβλιογραφία.

2. Ανασκόπηση του Φαινομένου της Θαλάσσιας Ρύπανσης από Πλαστικό

2.1 Ρύπανση σε θάλασσες από απόβλητα/Πλαστικά απόβλητα

Τα απορρίμματα σε θάλασσες και γενικά σε υδάτινα οικοσυστήματα (π.χ. λίμνες, ποτάμια) είναι απόβλητα που έχουν απορριφθεί σκόπιμα, έχουν χαθεί ακούσια ή έχουν μεταφερθεί σε αυτούς τους χώρους από ανέμους και βροχή. Τα συγκεκριμένα απόβλητα αποτελούνται κυρίως από πλαστικά, ξύλο, μέταλλα, γυαλί, καουτσούκ, ρούχα και χαρτί. Προέρχονται από ένα ευρύ φάσμα προϊόντων και τομέων από τη συσκευασία, την αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια μέχρι απόβλητα από τη φαρμακευτική βιομηχανία, την κλωστοϋφαντουργική βιομηχανία, τις μεταφορές, τη ναυτιλία, τις κατασκευές αλλά και από ένα ευρύ φάσμα καταναλωτικών αγαθών.

Εκτιμάται ότι οι χερσαίες πηγές παράγουν έως και 80% των απορριμμάτων που βρίσκονται σήμερα σε υδάτινα οικοσυστήματα. Σε αυτές τις πηγές προέλευσης συμπεριλαμβάνεται ο τουρισμός, τα λύματα καθώς και απορρίμματα που προέρχονται από παράνομους ή κακώς διαχειριζόμενους χώρους εναπόθεσης απορριμμάτων (χωματερές). Οι κύριες πηγές παραγωγής τέτοιων αποβλήτων στη θάλασσα θεωρούνται δε η ναυτιλία και η αλιεία (Falkenberg, 2018).

Τα απορρίμματα που βρίσκονται στη θάλασσα ανιχνεύονται σε διαφορετικά μεγέθη. Για παράδειγμα, μπορούν να βρεθούν σε νανοδιαστάσεις (<1nm). Τέτοια μπορούν να είναι: Ίνες νανοδιαστάσεων προερχόμενες από ρούχα, σκόνη καουτσούκ από ελαστικά, νανοσωματίδια ευρισκόμενα σε προϊόντα και φάρμακα.

Θα μπορούσε επίσης να βρεθούν σε μικροδιαστάσεις (<5mm). Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται μικροσφαιρίδια από προϊόντα προσωπικής φροντίδας, κατακερατισμένα κομμάτια πλαστικών προϊόντων, πολυστυρένιο, πλαστικό από προερχόμενο από δραστηριότητες σε ναυπηγεία καθώς και σωματίδια από αποτέφρωση αποβλήτων.

Θα μπορούσε να ανιχνευτούν σε μεσοδιαστάσεις (<2.5 εκατοστά) όπως: Καπάκια μπουκαλιών, φίλτρα τσιγάρων, πλαστικά σφαιρίδια, απόβλητα προερχόμενα από ανέμους/βροχή.

Θα μπορούσε να είναι σε μακροδιαστάσεις (<1m) όπως: Μπουκάλια και κονσέρβες ποτών, πλαστικές σακούλες, τρόφιμα & άλλες συσκευασίες, αναλώσιμα επιτραπέζια σκεύη / μαχαιροπίρουνα, μπύρες, ελαστικά, σωλήνες, μπαλόνια και παιχνίδια, κομμάτια από κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.

Τέλος, θα μπορούσε να είναι σε μεγαδιαστάσεις (>1m.) Σε αυτά ανήκουν εγκαταλελειμμένα αλιευτικά δίχτυα και παγίδες, σχοινιά, σκάφη, πλαστικές ταινίες από τη γεωργία, κατασκευής PVC (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017).

Όσον αφορά τα πλαστικά απορρίμματα που βρίσκονται στις θάλασσες, τα αντικείμενα καθημερινής χρήσης, όπως τα μπουκάλια ποτών και άλλοι τύποι πλαστικών συσκευασιών είναι τα πιο συνήθη (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017).



Σχήμα 1: Τα πλαστικά μπουκάλια αποτελούν σημαντική πλειονότητα πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες (Safety4sea)

Τα υπόλοιπα προέρχονται από πλαστικά που απελευθερώνονται στη θάλασσα, η πλειονότητα των οποίων οφείλεται σε αλιευτικές δραστηριότητες - για παράδειγμα, αλιευτικά εργαλεία που έχουν χαθεί και απορριφθεί. Μικροπλαστικά σωματίδια ανιχνεύονται επίσης εκτεταμένα σε υδάτινα οικοσυστήματα (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017).

Με βάση μια μελέτη υπολογίζονται 5 δισεκατομμύρια τεμάχια πλαστικού στους ωκεανούς, με βάρος 250.000 τόνων. Δεδομένα από τη μελέτη δείχνουν ότι το βάρος του θαλάσσιου πλαστικού βρίσκεται κατά 75.4% σε μακροδιαστάσεις, κατά 11.4% σε μεσοδιαστάσεις, κατά 10.6% αποτελείται από μεγάλα πλαστικά μικροσωματίδια (1.01-4.75 mm) και κατά 2.6% αποτελείται από μικρά πλαστικά μικροσωματίδια (0,33-1,00 mm) (Ten Brink et al., 2016).

Μεγαλύτερη απειλή αποτελούν ιδιαίτερα τα μικροπλαστικά σωματίδια καθώς εξαιτίας του πολύ μικρού τους μεγέθους παγιδεύονται δύσκολα σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και έτσι εισέρχονται εύκολα σε οικιακά συστήματα αποστράγγισης και μεταφέρονται σε θάλασσες και ωκεανούς (Vandermeersch et al., 2015).

Η ανησυχία μεγαλώνει περισσότερο εάν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι τα πλαστικά μικροσφαιρίδια συναντώνται ευρύτατα σε διάφορα προϊόντα προσωπικής φροντίδας και καλλυντικά, όπως καθαριστικά χεριών, οδοντόκρεμα, σαμπουάν, σαπούνια. Τα πλαστικά μικροσφαιρίδια συντελούν στη λειτουργία της αφαίρεσης νεκρού δέρματος και του βαθύ καθαρισμού του δέρματος. Επίσης μπορούν να παίξουν έναν διακοσμητικό ρόλο στα προϊόντα προσωπικής φροντίδας. Ορισμένα καλλυντικά προϊόντα μπορούν να περιέχουν μάλιστα πάνω από 300.000 μικροσφαιρίδια (Fendall, 2009).



Σχήμα 2: Πλαστικά μικροσφαιρίδια σε καλλυντικά (Australian Academy of Chemists)

Περίπου το 93% των πλαστικών μικροσφαιριδίων που χρησιμοποιούνται σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας είναι κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο. Ορισμένες φορές όμως μπορούν να κατασκευαστούν και από άλλα πολυμερή υλικά όπως είναι το πολυπροπυλένιο, το νάιλον, το τереφθαλικό πολυαιθυλένιο ή το πολυμεθακρυλικό άλας (Fendall, 2009).

Εκτιμάται ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση πλαστικών μικροσφαιριδίων που χρησιμοποιούνται σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας για το πληθυσμό των ΗΠΑ είναι περίπου 2.4 mg/άτομο/ημέρα, έτσι ώστε ο πληθυσμός των ΗΠΑ να παράγει απόβλητα 263 τόνων ανά έτος πλαστικών μικροσφαιριδίων πολυαιθυλενίου (Fendall, 2009).

Μεγάλα φορτία πλαστικών απορριμμάτων που βρίσκονται στις θάλασσες προέρχονται από πλαστικά απόβλητα στις ακτές. Τα παράκτια απορρίμματα θα μπορούσαν: 1) να βυθιστούν και να ταφούν στα ιζήματα, 2) να παγιδευτούν στην παράκτια βλάστηση και να αποδομηθούν εκεί, 3) να εισέλθουν στη θάλασσα (Velis et al., 2017).

Σχετικά με τα πλαστικά απορρίμματα που εισέρχονται στη θάλασσα, σε παγκόσμιο επίπεδο εκτιμάται ότι από 5 έως περίπου 13 εκατομμύρια τόνοι πλαστικού από ακατάλληλα απόβλητα στις ακτές μπαίνουν στη θάλασσα ετησίως. 8 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών αποβλήτων εισήλθαν σε ωκεανούς το 2010 (Eunomia Research & Consulting Ltd., 2016).

2.2 Αιτίες ρύπανσης από πλαστικά στις θάλασσες

Παρακάτω περιγράφονται οι παράγοντες που οδηγούν στη ρύπανση από πλαστικά στις θάλασσες.

1) Είναι γεγονός ότι τα απόβλητα σήμερα, μεταφέρονται σε πολλές περιπτώσεις σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων. Αυτοί οι χώροι λαμβάνουν περίπου το 40% των αποβλήτων του κόσμου και εξυπηρετούν περίπου 3-4 δισεκατομμύρια ανθρώπους. 38 από τις μεγαλύτερες χωματερές στον κόσμο βρίσκονται κοντά στη θάλασσα και τα παράκτια πλαστικά απόβλητα που βρίσκονται στους συγκεκριμένους χώρους προσεγγίζουν τους περίπου 32 εκατομμύρια τόνους. Περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως ο άνεμος και η βροχή, συντελούν

στην απομάκρυνση ενός μέρους από τα απόβλητα από τα μέρη αυτά. Άλλωστε σε αυτό το γεγονός συμβάλλει και η χαμηλή πυκνότητα του πλαστικού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες πλαστικών απορριμμάτων να εισέρχονται στη θάλασσα (Velis et al., 2017), (Tsakona et al., 2017).

2) Τέτοια απόβλητα που εισέρχονται στη θάλασσα δεν προέρχονται όμως μόνο από τις χωματερές. Προέρχονται επίσης από τις δραστηριότητες πλαστικών βιομηχανιών και άλλων εταιρειών επεξεργασίας (π.χ. χρώματα) που βρίσκονται τόσο στο εσωτερικό της περιοχής όσο και δίπλα σε παράκτιες περιοχές.

Το 86% του πλαστικού φορτίου του ποταμού Δούναβη προέρχεται από δραστηριότητες τέτοιων εταιρειών κοντά στις όχθες (Velis et al., 2017), (Tsakona et al., 2017). Κατά κύριο λόγο, η ρύπανση σε θάλασσες προέρχεται από παράκτιες πηγές προέλευσης με εκτιμώμενη μέση τιμή παραγωγής αποβλήτων 9 εκατομμυρίων τόνων ετησίως. Από την άλλη πλευρά, οι πηγές προέλευσης στο εσωτερικό υπολογίζεται ότι παράγουν κατά μέση προσέγγιση 0.5 εκατομμύρια τόνους ετησίως πλαστικών αποβλήτων (από 750.000 έως 1.1 εκατομμύρια τόνους ετησίως) (Eunomia Research & Consulting Ltd., 2016).

3) Τα πλαστικά απόβλητα που τοποθετούνται σε πεζοδρόμια και δρόμους ρέουν κατευθείαν σε ρέματα και ποτάμια κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Επίσης, φρεάτια με ανεπεξέργαστα λύματα στα οποία ανιχνεύονται και πλαστικά απορρίμματα υπερχειλίζουν κατά τη διάρκεια σφοδρών βροχοπτώσεων. Αυτό έχει ως συνέπεια τα λύματα αυτά να οδηγούνται σε ποταμούς. Κοντά στον ποταμό Τάμεση υπάρχουν 57 τέτοια φρεάτια, τα οποία υπερχειλίζουν 60 φορές περίπου το χρόνο. Υπολογίζεται 39 εκατομμύρια τόνους από ανεπεξέργαστα τέτοια λύματα να εισέρχονται στον ποταμό κάθε έτος (Velis et al., 2017), (Tsakona et al., 2017).

Τα ποτάμια όμως που μεταφέρουν όλο αυτό το φορτίο καταλήγουν τις περισσότερες φορές σε θάλασσες με συνέπεια να μολύνονται και με αυτό τον τρόπο ακόμα και οι ωκεανοί και έτσι το περιβαλλοντικό πρόβλημα να αποκτά μεγαλύτερες διαστάσεις.



Σχήμα 3: Ποτάμια με πλαστικά απορρίμματα μεταφέρουν το τοξικό τους φορτίο στη θάλασσα (Velis et al., 2017)

Υπολογίζεται ότι ένα τέτοιο φορτίο μεταξύ 1.2-2.4 εκατομμυρίων τόνων παγκοσμίως υπολογίζεται ότι ρέει από τα ποτάμια σε θάλασσες (Velis et al., 2017).

4) Παράλληλα, στις θάλασσες καταλήγουν και απόβλητα που δεν κατέστη δυνατό να επεξεργαστούν σε μικρής τεχνολογίας και χαμηλής αποτελεσματικότητας εγκαταστάσεις επεξεργασίας στερεών απορριμμάτων (Velis et al., 2017), (Tsakona et al., 2017).

5) Επιπλέον, δίχτυα και άλλα είδη κατά την αλιευτική δραστηριότητα μπορούν να υπάρξουν ως απόβλητα και να μολύνουν επίσης το θαλάσσιο περιβάλλον (Velis et al., 2017), (Tsakona et al., 2017).

6) Επίσης, μεγάλο πρόβλημα δημιουργείται και από το γεγονός ότι πολλές πόλεις βρίσκονται δίπλα σε επιφανειακά ύδατα όπως ποτάμια ή θάλασσες. Με αυτόν τον τρόπο τα απόβλητα που παράγονται κατά τη διάρκεια ανθρώπινων δραστηριοτήτων εισέρχονται εύκολα σε τέτοια ύδατα. Για παράδειγμα, στην Ινδονησία, περίπου 5 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν στη λεκάνη του ποταμού Citarum. Μεγάλα φορτία αποβλήτων που παράγονται από όλους αυτούς τους κατοίκους αλλά και από τους τουρίστες εισέρχονται στον ποταμό (Velis et al., 2017), (Tsakona et al., 2017).



Σχήμα 4: Η μεγάλη πυκνότητα κατοίκων γύρω από τον ποταμό Citarum οδηγεί συνάμα και σε μαζική μόλυνση του ποταμού με πλαστικά απορρίμματα (Velis et al., 2017)

Εξαιτίας αυτής της αιτίας ο ποταμός Citarum, θεωρείται ως ο πιο μολυσμένος ποταμός στον κόσμο (Velis et al., 2017).

2.3 Σημεία εναπόθεσης πλαστικών στη θάλασσα

Από τα πλαστικά απόβλητα που εισέρχονται στη θάλασσα, τα περισσότερα από αυτά καταλήγουν στον πυθμένα. Υπολογίζεται ότι το 94% που εισέρχεται στον ωκεανό καταλήγει στον πυθμένα της θάλασσας.

Χρησιμοποιώντας συνολικά στοιχεία για την επιφάνεια της θάλασσας (361 εκατομμύρια km²) και υποθέτοντας ότι η επιφάνεια στον πυθμένα της θάλασσας είναι σχεδόν ισοδύναμη με την επιφάνεια της θάλασσας, χρησιμοποιώντας το χαμηλό εύρος εναπόθεσης αποβλήτων (70-180kg ανά km²) λαμβάνονται δεδομένα συνολικής εναπόθεσης αποβλήτων 25.3-65 εκατ. τόνων συντριμμίων παγκοσμίως στον πυθμένα της θάλασσας. Σε περίπτωση λήψης της υψηλότερης

πυκνότητας των 400kg ανά km² λαμβάνεται δε μια συνολική εκτίμηση 144.4 εκατομμυρίων τόνων εναπόθεσης αποβλήτων παγκοσμίως στον πυθμένα της θάλασσας.

Η ποσότητα των αποβλήτων του θαλάσσιου δαπέδου καθορίζεται κατά μεγάλο ποσοστό από τη φυσιογραφία της περιοχής, η οποία υποβλήθηκε σε δειγματοληψία (Ten Brink et al., 2016), (Eunomia Research & Consulting Ltd., 2016).

Το 1% των πλαστικών απορριμμάτων βρίσκεται δε να επιπλέει στην επιφάνεια ή κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, με μέση συνολική συγκέντρωση κάτω από 1kg/km². 6.350-245.000 χιλιάδες τόνοι πλαστικών απορριμμάτων εξακολουθούν να επιπλέουν στην επιφάνεια του ωκεανού. Άλλες μελέτες δείχνουν μια συνολική εκτίμηση 265.000 χιλιάδων μετρικών τόνων να επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας (Eunomia Research & Consulting Ltd., 2016).



Σχήμα 5: Το 1% των πλαστικών απορριμμάτων επιπλέει στη θάλασσα (Newsnowfinland)

Σε ότι αφορά τα πλαστικά σωματίδια που επιπλέουν στη θάλασσα ταξινομούνται αυτά σε μεγέθη από 0.33 mm και σε εκείνα μεγαλύτερα από 200 mm. Το συνηθέστερο μέσο μέγεθος αυτών των σωματιδίων είναι 333 μm (0.33 mm). Καταγράφηκαν δύο κατηγορίες μεγέθους μικροπλαστικών σωματιδίων, τα οποία επιπλέουν στη θάλασσα. Τα πρώτα είναι μεταξύ (0.33 – 1.00 mm) επονομαζόμενα και μικρά μικροπλαστικά σωματίδια και τα δεύτερα από (1.01 – 4.75 mm) επονομαζόμενα και ως μεγάλα μικροπλαστικά σωματίδια (Eunomia Research & Consulting Ltd., 2016) Τα ωκεάνια ρεύματα με τη βοήθεια των ανέμων και της περιστροφής της γης, συγκεντρώνουν αυτά τα πλαστικά απορρίμματα, και παράγουν μεγάλες συγκεντρώσεις απορριμμάτων σε περιοχές που ονομάζονται δίνες. Τα περισσότερα από τέτοια απόβλητα που επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας βρίσκονται στη Μεγάλη Δίνη του Βορείου Ειρηνικού Ωκεανού (Βαλαβανίδης, 2018), (Ten Brink et al., 2016).

Αυτά τα κομμάτια που επιπλέουν κάτω από την επιφάνεια στη μεγάλη Δίνη του Βορείου Ειρηνικού Ωκεανού, φτάνουν μερικές φορές σε συγκεντρώσεις 6 φορές υψηλότερες από το ζωοπλαγκτόν, μετατρέποντας τη θάλασσα σε πλαστική σούπα. Κυκλικά ρεύματα και πιθανώς τέτοιες περιοχές υπάρχουν σε κάθε ωκεανό (Βαλαβανίδης, 2018).



Σχήμα 6: Εικόνα από τη περιοχή της Μεγάλης Δίνης του Βορείου Ειρηνικού Ωκεανού όπου υπάρχει αθρόα συσσώρευση πλαστικών απορριμμάτων (Bluebirdelectric)

2.4 Συνέπειες πλαστικών θαλάσσιων αποβλήτων

Η επίδραση των μικροσκοπικών πλαστικών σωματιδίων στη θαλάσσια πανίδα και στον θαλάσσιο τροφικό ιστό εξακολουθεί να είναι φειδωλά γνωστή, αλλά πρόσφατες μελέτες προκαλούν ανησυχία. Ορισμένες από αυτές εμπεριέχουν καλά επαληθευμένες τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο.

Από αυτές τις έρευνες διαπιστώνεται ότι τα θαλάσσια απορρίμματα θα μπορούσαν να επηρεάσουν τους θαλάσσιους οργανισμούς με πολλούς τρόπους, όπως μέσω σωματικής βλάβης (π.χ. τραυματισμοί κατά τη διάρκεια παγίδευσης). Οι τραυματισμοί κατά τη διάρκεια παγίδευσης αποτελούν σοβαρή απειλή για την άγρια φύση, όπως θαλάσσιες χελώνες, θαλάσσια θηλαστικά (φάλαινες και θαλάσσιες χελώνες), ψάρια και ασπόνδυλα, καθώς και όλα τα είδη πτηνών και ακόμη και θαλάσσια φίδια που μπορούν να κοπούν ή να παγιδευτούν στα απόβλητα.

Επίσης, αλιευτικά εργαλεία που έχουν χαθεί ή εγκαταλειφθεί και εξακολουθούν να αλιεύουν ψάρια, αποτελεί σημαντική απειλή για τη θαλάσσια βιοποικιλότητα (Van Acoleyen et al., 2014), (NOWPAP MERRAC, 2013).

Μέσω της παγίδευσης σε πλαστικά απόβλητα, οι κινήσεις των ψαριών περιορίζονται, η ικανότητα να βρουν τροφή ή να αποφύγουν τα αρπακτικά ζώα επίσης μειώνεται (Van Acoleyen et al., 2014).

Πολλοί θαλάσσιοι οργανισμοί στους οποίους συμπεριλαμβάνονται η φώκια, το δελφίνι και η θαλάσσια χελώνα, εγκλωβίζονται στα σκουπίδια από πλαστικό που χάνονται στη θάλασσα. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις παγίδευσης σε πλαστικά απορρίμματα για τουλάχιστον για 344 είδη, συμπεριλαμβανομένων όλων των ειδών θαλάσσιας χελώνας, περισσότερα από τα 2/3 των

ειδών φώκιας, το 1/3 των ειδών φαλαινών και το 1/4 των θαλάσσιων πτηνών. Έχει επίσης καταγραφεί η εμπλοκή 89 ειδών ψαριών και 92 ειδών ασπόνδυλων (Roser & Ritchie, 2018).



Σχήμα 7: Εγκαταλειμμένα δίχτυα και αλιευτικά εργαλεία προκαλούν σημαντικούς κινδύνους στη θαλάσσια πανίδα (Brown, 2015)

Ένα άλλο πρόβλημα σχετικά με τα θαλάσσια απόβλητα και την άγρια ζωή είναι η απειλή κατάποσης πλαστικών αποβλήτων. Λαμβάνοντας το απόβλητο ως τρόφιμο ή κατά λάθος κατά την κατανάλωση τροφής, πολλά διαφορετικά είδη θαλάσσιας ζωής είναι γνωστό ότι καταναλώνουν κομμάτια πλαστικών υπολειμμάτων. Η πλαστική κατάποση μπορεί να οδηγήσει όμως σε παρεμποδίσεις στο *γαστρεντερικό σύστημα*, σε εσωτερική διάτρηση και θάνατο (Ten Brink et al., 2016), (Van Acoleyen et al., 2014), (NOWPAP MERRAC, 2013), (WWF, 2018).

Οι πλαστικές σακούλες και τα εγκαταλελειμμένα δίχτυα αποτελούν κίνδυνο για χελώνες, δελφίνια και φώκιες. Οι χελώνες, για παράδειγμα, μπορούν να τρώνε πλαστικές σακούλες γιατί τις μπερδεύουν με τις θαλάσσιες μέδουσες (Ten Brink et al., 2016).

Ένας άλλος τρόπος που ψάρια καταναλώνουν θαλάσσια απόβλητα είναι μέσω θήρευσης άλλων ψαριών, τα οποία έχουν απορροφήσει τέτοια αντικείμενα, πράγμα που σημαίνει ότι τα απορρίμματα ταξιδεύουν μέσω της τροφικής αλυσίδας (Van Acoleyen et al., 2014).

Η ηλιακή ακτινοβολία, το νερό της θάλασσας και τα κύματα τεμαχίζουν τα πλαστικά σε ολοένα και μικρότερα μεγέθη. Όσο περισσότερο και αν βρίσκονται στο θαλάσσιο περιβάλλον, τόσο περισσότερο τα μικρότερα σωματίδια είναι επιρρεπή στην κατάποση από τη θαλάσσια ζωή (Van Acoleyen et al., 2014).

Τα μικροπλαστικά σωματίδια δεν βρίσκονται όμως μόνο στο πεπτικό σύστημα, αλλά μπορούν επίσης να ταξιδεύουν στο *κυκλοφορικό σύστημα* θαλάσσιων ειδών. Βρέθηκε για παράδειγμα ότι ψάρια που εκτίθενται σε πλαστικά μπορούν να υποστούν τοξικότητα στο ήπαρ.

Επίσης, όταν τα μπλε μύδια εκτέθηκαν με σωματίδια πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας και τα σωματίδια παρελήφθησαν στα κύτταρα, τότε τα μύδια έδειξαν ισχυρή φλεγμονώδη απόκριση στα σωματίδια (Van Acoleyen et al., 2014).

Τα πλαστικά μικροσφαιρίδια μπορούν να προκαλέσουν διαταραχές και στο αναπαραγωγικό σύστημα των θαλάσσιων οργανισμών. Μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι τα πλαστικά μικροσφαιρίδια προκαλούν διαταραχή της αναπαραγωγής στα στρείδια (oysters). Διαπιστώθηκε για παράδειγμα ότι το στρείδι κατά τη διάρκεια ενός αναπαραγωγικού κύκλου, το οποίο τροφοδοτήθηκε πειραματικά με μικροσφαιρίδια πολυστυρενίου για διάρκεια 2 μηνών, έδειξε ιδιαίτερα σημαντική μείωση στον αριθμό των ωαρίων, στη διάμετρο και στη ταχύτητα του σπέρματος (Ten Brink et al., 2016), (Sussarellu et al., 2016).

Η είσοδος στο πεπτικό σύστημα και η συγκέντρωση πλαστικών μικροσφαιριδίων σε μεγάλες ποσότητες έχει επαληθευτεί γενικά σε διάφορους θαλάσσιους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των κωπήποδων (cooperods), των δίθυρων (οστρακοειδή), των ψαριών και των θαλάσσιων πτηνών (Vandermeersch et al., 2015).

Πλαστικά σωματίδια βρέθηκαν στο 35% των ψαριών από 670 είδη ψαριών που αλιεύθηκαν στη μεγάλη Δίνη του Βορείου Ειρηνικού Ωκεανού. Βρέθηκαν συνολικά 1375 τεμάχια πλαστικού σε όλα τα ψάρια. Ο αριθμός των απορροφηθέντων τεμαχίων κυμαίνεται από 1 έως 83 ανά ψάρι, αυξανόμενο με το μέγεθος των ψαριών, με μέση μάζα 1.57 mg πλαστικού ανά ψάρι (Van Acoleyen et al., 2014).

Η είσοδος πλαστικών στο πεπτικό σύστημα έχει επιπλέον τεκμηριωθεί για τουλάχιστον 233 θαλάσσια είδη, συμπεριλαμβανομένων όλων των θαλάσσιων χελωνών, περισσότερο από το ένα τρίτο των ειδών φώκιας, το 59% τα είδη φαλαινών και το 59% των θαλάσσιων πτηνών. Έχει επίσης καταγραφεί η κατάποση από 92 είδη ψαριών και 6 ειδών ασπόνδυλων (Rosser & Ritchie, 2018).

Όλες οι κατηγορίες θαλάσσιων χελωνών στη Μεσόγειο Θάλασσα έχουν απορροφήσει πλαστικά κομμάτια, ενώ περίπου 150 κομμάτια πλαστικού έχουν ανιχνευτεί σε στομάχι χελώνας. Στη Μεσόγειο, 134 είδη (στα οποία ανήκουν ψάρια, θαλάσσιες χελώνες, θηλαστικά και θαλασσοπούλια) επηρεάζονται περισσότερο από την απορρόφηση κομματιών πλαστικού στο πεπτικό τους σύστημα (WWF, 2018).

Περίπου το 36% των θαλάσσιων πτηνών έχουν απορροφήσει απορρίμματα από τη θάλασσα. Για παράδειγμα, μεγαλύτερο του 90% των θαλασσοπουλιών που βρέθηκαν σκοτωμένα στη Βόρεια Θάλασσα διαπιστώθηκε ότι ήταν εξαιτίας πλαστικών κομματιών στο στομάχι τους. Περισσότερο από 1.000.000 θαλασσοπούλια διαπιστώνεται ότι σκοτώνονται από πνιγμό κάθε έτος εξαιτίας των αποβλήτων που υπάρχουν στους ωκεανούς (Environmental Agency, 2014).

Τα Ηνωμένα Έθνη προέβλεψαν ότι εάν ο ρυθμός παραγωγής αποβλήτων συνεχίσει, μέχρι το 2050, το 99% των θαλάσσιων πτηνών θα έχει απορροφήσει πλαστικό (Muttucumaru, 2018).



Σχήμα 8: Σημαντικές οι επιπτώσεις στην υγεία των θαλάσσιων οργανισμών από την κατάποση πλαστικών συσκευασιών (WWF, 2018)

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο κίνδυνος γίνεται μεγαλύτερος καθώς χημικά προστίθενται επίσης συχνά στα πλαστικά κατά τη βιομηχανική παραγωγή πλαστικών. Μαζί με αυτά, και επίμονοι οργανικοί ρύποι (POPs) από το μολυσμένο θαλασσινό νερό προστίθενται στα πλαστικά. Τα χημικά που απορροφώνται εξαιτίας του περιβάλλοντος και των προσθέτων είναι τόσο μικρού μεγέθους ώστε να μπορούν να διεισδύσουν στα κύτταρα, να αλληλοεπιδρούν χημικά με βιολογικά σημαντικά μόρια και πιθανόν να διαταράξουν τις σωματικές λειτουργίες. Χημικές ενώσεις όπως πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH), διχλωρο-διφαινυλο-τριχλωροαιθάνιο και οι μεταβολίτες (DDT), πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρες (PBDEs), αλκυλοφαινόλες και δισφαινόλη Α (PBA) έχουν ανιχνευτεί σε πλαστικά απόβλητα σε όλο τον κόσμο (Van Acoleyen et al., 2014).

Ψάρια που εκτίθενται σε πλαστικά και χημικούς ρύπους στο θαλάσσιο περιβάλλον μπορούν επίσης να βιοσυσσωρεύσουν αυτούς τους ρύπους (Van Acoleyen et al., 2014). Ταυτόχρονα και η ανθρώπινη υγεία μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από τα θαλάσσια πλαστικά απορρίμματα με τη μορφή φυσικών βλαβών. Οι άνθρωποι που εισέρχονται στο νερό για κολύμπι ή καταδύσεις, μπορούν να μπλεχτούν με επιπλέοντα ή βυθισμένα συντρίμια όπως τα δίχτυα αλιείας και σχοινιά. Πέρα από τους τραυματισμούς, έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να προκληθούν και από χημικές ουσίες, τοξίνες ή άλλα επιβλαβή σωματίδια στο νερό, όπως οι ιοί ή τα βακτηρίδια, που έχουν εισέλθει στο νερό εξαιτίας των αποβλήτων (NOWPAP MERRAC, 2013), (Van Acoleyen et al., 2014).

Υπάρχει επίσης ο κίνδυνος χημικών προσκολλημένων στα πλαστικά στο θαλάσσιο περιβάλλον που μεταφέρονται μέσα από την τροφική αλυσίδα από τους οργανισμούς της θάλασσας στον άνθρωπο. Χρειάζεται επειγόντως περισσότερη έρευνα για την πιθανή μόλυνση της τροφικής αλυσίδας από τις τοξικές χημικές ουσίες και τους επίμονους ρύπους και τις συνέπειές που έχει αυτό το γεγονός στην ανθρώπινη κατανάλωση (Van Acoleyen et al., 2014).

Για παράδειγμα, σήμερα ένας μέσος ευρωπαϊός καταναλωτής οστρακοειδών θα μπορούσε να καταναλώνει έως και 11.000 τεμάχια μικροπλαστικών ετησίως μύδια και στρείδια. Τα μύδια

και τα στρείδια εκτίθενται σε ρύπους, όπως τα μικροσφαιρίδια στο νερό (Ten Brink et al., 2016). Τα πλαστικά απορρίμματα μπορούν ακόμα να προκαλέσουν άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τη μορφή αλλοιώσεων ή φυσικών ζημιών σε ακτές, οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, και με αυτόν τον τρόπο να αλλοιώσουν την τοπική χλωρίδα και πανίδα και να καταστρέψουν ενδιαίτηματα των θαλάσσιων ζώων. Τα απόβλητα μπορούν να παγιδευτούν σε κοράλλια ή μακροφύκη, να τα κόψουν ή να εμποδίσουν την ηλιακή ακτινοβολία, οδηγώντας τελικά σε υψηλότερη θολερότητα (Van Acoleyen et al., 2014), (NOWPAP MERRAC, 2013).

2.5 Συνέπειες πλαστικών αποβλήτων στην οικονομία

Πέρα από αυτές τις συνέπειες, δημιουργούνται όμως και συνέπειες στην οικονομία όπως αυτές που αναφέρονται σχετικά (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017), (NOWPAP MERRAC, 2013):

- Με τον τομέα της αλιείας και της ναυτιλίας
- Με τον καθαρισμό απορριμμάτων από θάλασσες και παραλίες
- Με την απώλεια εισοδήματος από τον τουρισμό.

Όσον αφορά τον τομέα της αλιείας, τα θαλάσσια απορρίμματα μπορούν να οδηγήσουν σε παρακμή των αλιευτικών δραστηριοτήτων λόγω της παγίδευσης των ψαριών σε πλαστικά ή λόγω της κατάποσης και της έκθεσης των σε τοξικά υλικά, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Εκτός αυτού, ο τομέας της αλιείας θα μπορούσε να παρακμάζει και από το γεγονός ότι η ζήτηση των καταναλωτών θα μειωθεί και οι τιμές θα πέσουν εξαιτίας ανησυχιών για χαμηλή ποιότητα ψαριών ή / και επιπτώσεις στην υγεία από την κατανάλωση θαλασσιών μολυσμένων από μικροπλαστικά σωματίδια (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017).

Παράλληλα, το κόστος της απομάκρυνσης απορριμμάτων από θάλασσες και παραλίες αποδεικνύεται μεγάλο. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το κόστος που απαιτείται για να διατηρηθούν όλες οι ακτές (34 εκατομμύρια χλμ.) καθαρές εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 50 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως. Το κόστος καθαρισμού των παραλιών από πλαστικά και άλλου είδους απόβλητα εκτιμήθηκε σε 10.4 εκατομμύρια ευρώ ετησίως στις Κάτω Χώρες (Βέλγιο και Ολλανδία), χώρες με σχετικά μικρές ακτές (Ten Brink et al., 2016), (NOWPAP MERRAC, 2013).

Το κόστος ανάκτησης και εναπόθεσης απορριμμάτων σε λιμένες εξαιτίας θαλάσσιων αποβλήτων εκτιμάται σε 9.28 εκατ. Ευρώ στο Ηνωμένο Βασίλειο. το εκτιμώμενο ετήσιο κόστος απομάκρυνσης απορριμμάτων από το λιμάνι Esbjerg στη Δανία εκτιμάται σε 92.260 ευρώ (Ten Brink et al., 2016), (NOWPAP MERRAC, 2013).

Ο τομέας της ναυτιλίας θα μπορούσε να υποστεί επίσης ζημία, καθώς τα πλαστικά απορρίμματα στη θάλασσα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε βλάβες σε πλοία. Τα θαλάσσια απορρίμματα μπορούν να προκαλέσουν βλάβη τόσο σε προπέλες όσο και σε συστήματα ψύξης πλοίων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια παραγωγικότητας και εσόδων και να διαταράξει

την εφοδιαστική αλυσίδα με καθυστερήσεις και ατυχήματα (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017), (NOWPAP MERRAC, 2013).

Για παράδειγμα, το 2008, πραγματοποιήθηκαν 286 διασώσεις σκαφών με έλικες που έχουν υποστεί βλάβη στα ύδατα του Ηνωμένου Βασιλείου με κόστος μεταξύ 1.100.000 και 2.189.000 ευρώ. Το ετήσιο κόστος για τον αλιευτικό τομέα του Ηνωμένου Βασιλείου ανήλθε σε 916.970 ευρώ εξαιτίας ζημιών σε προπέλες πλοίων. Το συνολικό κόστος από ζημιές που προκαλούν θαλάσσια απορρίμματα στον αλιευτικό στόλο της ΕΕ ανέρχεται σε 61,7 εκατομμύρια ευρώ ετησίως (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017).

Με μια βλάβη σε πλοίο θα μπορούσε να υπάρξει κίνδυνος τραυματισμού ακόμη και απώλειας ζωής. Το 1993, εγκαταλελειμμένα σχοινιά αλιείας μπερδεύτηκαν με άξονες και έλικα του επιβατηγού πλοίου Seo-Hae, με συνέπεια τη βύθιση του και την πρόκληση 292 θανάτων. Μεταξύ του 1996 και του 1998, το 9% όλων των κορεατικών ναυτικών ατυχημάτων συσχετιζόταν με θαλάσσια απορρίμματα (Ten Brink et al., 2016).

Ο τομέας του τουρισμού θα μπορούσε επίσης να υποστεί μεγάλη ζημία. Παραλίες γεμάτες με πλαστικά απορρίμματα μπορούν να αποθαρρύνουν τους επισκέπτες, να μειώσουν τον αριθμό τους και να οδηγήσουν σε μείωση των εσόδων και τελικά σε απώλεια θέσεων εργασίας στον τομέα του τουρισμού.

Για παράδειγμα, υπάρχει ετήσια απώλεια περίπου 23,16 εκατομμυρίων ευρώ στη τοπική κοινότητα στην ακτή Skagerrak του Bohuslan στη Σουηδία λόγω της μείωσης του τουρισμού κατά 1-5%, κάτι που συνδέεται με τα θαλάσσια απορρίμματα.

Σε χώρες της Ασίας στον Ειρηνικό Ωκεανό, τα θαλάσσια απορρίμματα αναμένεται να κοστίσουν απώλειες 622 εκατομμυρίων δολαρίων στον τουρισμό της χώρας. Οι προβλέψεις δείχνουν ότι το ετήσιο κόστος για τον τουρισμό στο Ηνωμένο Βασίλειο θα μπορούσε να ανέλθει σε 625.7 εκατομμύρια ευρώ για την περίοδο 2010 έως 2100 (Ten Brink et al., 2016), (UN Environment, 2017).

2.6 Ενέργειες για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης από πλαστικά

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι επιπτώσεις της ρύπανσης από πλαστικά στις θάλασσες είναι σημαντικές τόσο για το ζωικό και φυτικό οικοσύστημα στη θάλασσα όσο και για την ανθρώπινη υγεία και οικονομία. Στα πλαίσια αυτά ο Διεθνής Θαλάσσιος Οργανισμός IMO (International Maritime Organization) που φέρει την αρμοδιότητα προστασίας του θαλασσίου περιβάλλοντος, έχει αναλάβει πρωτοβουλίες ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα που δημιουργείται από τα πλαστικά απόβλητα στις θάλασσες.

Ήδη εδώ και 30 χρόνια ο συγκεκριμένος διεθνής οργανισμός έχει πρωτοστατήσει στην απαγόρευση της διάθεσης των πλαστικών από πλοία οπουδήποτε στη θάλασσα. Μάλιστα, το 2018 η Επιτροπή του οργανισμού ενέκρινε συγκεκριμένο Σχέδιο Δράσης (Action Plan) για την αντιμετώπιση του προβλήματος από τα θαλάσσια πλαστικά απορρίμματα που προέρχονται

από πλοία. Το σχέδιο δράσης αποσκοπεί στην ενίσχυση των υφιστάμενων κανονισμών και στην εισαγωγή νέων υποστηρικτικών μέτρων για τη μείωση των απορριμμάτων από τα πλοία. Παρέχει παράλληλα έναν μηχανισμό για τον προσδιορισμό συγκεκριμένων ενεργειών για την επίτευξη αποτελεσμάτων προστασίας του περιβάλλοντος, με έναν μετρήσιμο με νόημα τρόπο (IMO).

Χαρακτηριστικά μέτρα που συμπεριλαμβάνονται σε αυτό το Σχέδιο Δράσης είναι τα εξής (IMO):

- Μελέτη αναφορικά με το μέγεθος των θαλάσσιων πλαστικών απορριμμάτων που οφείλονται στα πλοία.
- Εξέταση της διαθεσιμότητας και της επάρκειας των εγκαταστάσεων σε λιμάνια, οι οποίες θα παραλαμβάνουν αυτά τα απορρίμματα
- Υποχρεωτική σήμανση των αλιευτικών εργαλείων σε συνεργασία με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO, Food and Agriculture Organization)
- Υποχρεωτική δήλωση της απώλειας αλιευτικών εργαλείων
- Διευκόλυνση της παράδοσης ανακτηθέντων αλιευτικών εργαλείων σε εγκαταστάσεις παραλαβής
- Δημιουργία μηχανισμού με σκοπό να δηλώνεται η απώλεια εμπορευματοκιβωτίων στη θάλασσα και να προσδιορίζεται ταυτόχρονα το μέγεθος της ζημιάς
- Επανεξέταση των διατάξεων σχετικά με την εκπαίδευση του προσωπικού των αλιευτικών σκαφών και την εξοικείωση των ναυτικών ώστε να υπάρχει επίγνωση σχετικά με τον αντίκτυπο των πλαστικών απορριμμάτων που προέρχονται από πλοία
- Ενημέρωση του κοινού σχετικά με το μέγεθος του προβλήματος
- Ενίσχυση της συνεργασίας και με άλλους Διεθνείς Οργανισμούς, ιδίως με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) και με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ)

Επίσης, ο IMO συνιστά μέσω κατευθυντήριων οδηγιών στους ιδιοκτήτες πλοίων, ότι θα πρέπει οι τελευταίοι να ελαχιστοποιούν την παραλαβή υλικών που μπορούν να γίνουν με εύκολο τρόπο απορρίμματα. Συνίσταται στους εφοπλιστές σε συνεργασία με τους προμηθευτές, να εξετάζουν τα προϊόντα που προμηθεύονται σε σχέση με τα απορρίμματα που θα δημιουργήσουν (IMO).

Σε αυτές τις κατευθυντήριες γραμμές συμπεριλαμβάνονται και οδηγίες όπως (IMO):

- Οι προμήθειες να συσκευάζονται σε επαναχρησιμοποιούμενες ή ανακυκλώσιμες συσκευασίες και δοχεία.
- Να αποφεύγεται οι προμήθειες να συσκευάζονται σε πλαστικό, εκτός εάν χρησιμοποιείται επαναχρησιμοποιήσιμο ή ανακυκλώσιμο πλαστικό

- Να αποφεύγεται η χρήση πλαστικών μιας χρήσης, όπως σκευών, πιρουνιών και πιάτων στο πλοίο όποτε είναι δυνατόν

Παράλληλα σύμφωνα με τις οδηγίες του IMO συνίσταται (IMO):

- Σε πλοία με μήκη 12 μέτρων και μεγαλύτερα σε μήκος χρειάζεται να υπάρχουν ταμπέλες από τις οποίες θα ενημερώνεται το πλήρωμα και οι επιβάτες σχετικά με τις απαιτήσεις με τις οποίες θα απορρίπτονται τα απόβλητα.
- Σε πλοία με 100 τόνους ολικής χωρητικότητας και άνω ή σε εκείνα που μεταφέρονται 15 ή περισσότερα άτομα είναι ανάγκη να τηρείται σχέδιο διαχείρισης απορριμμάτων, το οποίο θα πρέπει να ακολουθήσει το πλήρωμα.
- Σε πλοία με 400 τόνους ολικής χωρητικότητας και άνω θα πρέπει να υπάρχει επίσης βιβλίο απογραφής απορριμμάτων, στο οποίο θα καταγράφεται κάθε επιτρεπόμενη απόρριψη στη θάλασσα ή σε εγκατάσταση παραλαβής απορριμμάτων.

Ταυτόχρονα, η Διεθνής Επιτροπή για την προστασία του περιβάλλοντος από πλοία (MARPOL) μέσω τεχνικών κανονισμών που έχει εκδώσει και συγκεκριμένα μέσω του παραρτήματος V (Annex V) απαγορεύει την απόρριψη όλων των τύπων σκουπιδιών στη θάλασσα από τα πλοία, εκτός από περιπτώσεις, όπως απόβλητα τροφίμων, υπολείμματα φορτίου, καθαριστικά / πρόσθετα, που δεν προκαλούν συνέπειες για το θαλάσσιο περιβάλλον και τα οποία επιτρέπονται ρητά σύμφωνα με το παράρτημα.

Στο ίδιο παράρτημα αναγνωρίζονται ορισμένες θαλάσσιες περιοχές στις οποίες απαιτείται υψηλότερος βαθμός ανάγκης για προστασία του περιβάλλοντος και χαρακτηρίζονται ως Ειδικές Περιοχές. Τέτοιες ειδικές περιοχές είναι: i) η Μεσόγειος Θάλασσα, ii) η Βαλτική Θάλασσα, iii) η Μαύρη Θάλασσα, iv) η Ερυθρά Θάλασσα, v) οι περιοχές του Κόλπου, vi) η Βόρεια Θάλασσα, vii) η ευρύτερη περιοχή της Καραϊβικής συμπεριλαμβανομένου του Κόλπου του Μεξικού και της Καραϊβικής, viii) η περιοχή της Ανταρκτικής (Lloyds Register).

3. Παραδοσιακά Συστήματα Διαχείρισης Απορριμμάτων

3.1 Βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων

Οι συνέπειες από τα πλαστικά απορρίμματα στις θάλασσες είναι μεγάλες. Για αυτόν το λόγο πέρα από τις ενέργειες, οι οποίες λαμβάνουν χώρα από τους Διεθνείς Οργανισμούς, μεγάλη σημασία αποκτά και η ανάγκη κατάρτισης από την κοινωνία ενός κατάλληλου συστήματος διαχείρισης πλαστικών αποβλήτων (Plastic waste Management System) με σκοπό την πρόληψη εισαγωγής πλαστικών αποβλήτων στις θάλασσες και την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Ένα άρτιο σύστημα διαχείρισης πλαστικών αποβλήτων αποτελείται από 6 βασικά χαρακτηριστικά σε ότι αφορά τις δραστηριότητες που έχουν σχέση με τη διαχείριση πλαστικών αποβλήτων από το σημείο δημιουργίας έως το τελικό σημείο διάθεσης. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι (Alemayehu, 2004):

1. Δημιουργία αποβλήτων
2. Διαχείριση επί τόπου (διαλογή, αποθήκευση και επεξεργασία)
3. Συλλογή
4. Μεταφορά
5. Επεξεργασία και ανάκτηση
6. Απόρριψη

Δημιουργία αποβλήτων: Θεωρούνται όλες εκείνες οι δραστηριότητες όπου τα πλαστικά υλικά αναγνωρίζονται ότι δεν έχουν πλέον σπουδαιότητα και είτε απορρίπτονται είτε συσσωρεύονται για απόρριψη.

Διαχείριση, αποθήκευση και επεξεργασία στην περιοχή απόρριψης: Θεωρούνται όλες εκείνες οι δραστηριότητες, οι οποίες έχουν σχέση με την διαχείριση, με την αποθήκευση και με την επεξεργασία πλαστικών αποβλήτων στην περιοχή παραγωγής αποβλήτων ή κοντά στην περιοχή παραγωγής.

Συλλογή: Στο στάδιο αυτό εμπεριέχονται όλες οι δραστηριότητες που συνδέονται με τη συλλογή πλαστικών αποβλήτων και την εναπόθεση αποβλήτων στη θέση όπου το όχημα συλλογής τα απομακρύνει.

Μεταφορά: Οι δραστηριότητες που συνδέονται με: 1) Τη μετακίνηση των πλαστικών αποβλήτων από το μικρότερο όχημα στο οποίο συλλέγονται τα απόβλητα προς το μεγαλύτερο σε μέγεθος όχημα και 2) Τη μετέπειτα μετακίνηση των πλαστικών απορριμμάτων, συνήθως σε μεγάλες αποστάσεις, στο χώρο εναπόθεσης.

Επεξεργασία και ανάκτηση: Συμπεριλαμβάνονται οι τεχνικές και οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται ώστε να ανακτηθούν χρήσιμα υλικά ή ενέργεια από τα πλαστικά απόβλητα.

Η επεξεργασία των στοχεύει ώστε να μειωθεί ο όγκος των απορριμμάτων από πλαστικό, να ανακτηθούν τα χρησιμοποιούμενα υλικά καθώς και για τη μεταβολή της φυσικής μορφής των αποβλήτων.

Διάθεση: Οι δραστηριότητες που σχετίζονται με την απόλυτη απόρριψη στερεών αποβλήτων (Alemayehu, 2004).

Μεγάλης σημασίας σε ένα στάδιο ενός συστήματος διαχείρισης πλαστικών αποβλήτων θεωρείται αυτό της επεξεργασίας και ανάκτησης. Σε αυτό συμπεριλαμβάνονται διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας που είναι σημαντικό να λάβουν χώρα, καθώς μια ανεπεξέργαστη απόρριψη πλαστικών απορριμμάτων (π.χ. σε χωματερές) μπορεί να οδηγήσει με τη συμβολή μετεωρολογικών παραγόντων (π.χ. βροχή, αέρας) στο να καταλήξουν εκείνα σε θαλάσσιο περιβάλλον. Τέτοιες τεχνολογίες επεξεργασίας πλαστικών αποβλήτων περιγράφονται παρακάτω:

3.2 Υγειονομική ταφή

Κατά την τεχνολογία της υγειονομικής ταφής λαμβάνει χώρα η τοποθέτηση των πλαστικών απορριμμάτων σε στρώσεις 2-3m, η συμπίεση και στη συνέχεια η κάλυψη με αδρανές υλικό (χώμα, μπάζα) πάχους 0.6m. Στη συνέχεια φυτεύονται δέντρα. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος των τοξικών οσμών (Νταρακάς, 2014), (Ζαγγανά, 2010).

Ο πυθμένας των σύγχρονων χώρων τεχνολογίας υγειονομικής ταφής καλύπτεται από φυσικά ή τεχνητά υλικά στεγανοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο δεν μολύνεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας από τα στραγγίσματα (υγρά απόβλητα) που προκύπτουν όσο συμπιέζονται και σήπτουν τα απορρίμματα. Τέτοια υλικά στεγανοποίησης μπορεί να είναι από άργιλο. Παράλληλα, για να μην υπάρχει καμιά περίπτωση να μολύνεται η θάλασσα από τα στραγγίσματα, κάθε χώρος υγειονομικής ταφής πρέπει να απέχει το λιγότερο 5km από τη θάλασσα. Σε πολλές περιπτώσεις βέβαια αυτό δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εξαιτίας του ότι υπάρχει διαφορετικός αρχικός σχεδιασμός στο χώρο που πρόκειται να γίνει η λειτουργία του ΧΥΤΑ (Νταρακάς, 2014) , (Ζαγγανά, 2005).

Επίσης, στον πυθμένα των χώρων υγειονομικής ταφής γίνεται η τοποθέτηση των κατάλληλων σωλήνων όπου θα συλλεχθούν τα στραγγίσματα. Οι σωλήνες αυτοί στη συνέχεια καθαρίζονται και απομακρύνονται ή χρησιμοποιούνται πάλι στους χώρους ταφής. Τα στραγγίσματα μπορούν να γίνουν λίπασμα (Νταρακάς, 2014), (Ζαγγανά, 2005), (Γιδαράκος & Σπυριδακή, 2007).

Επίσης, μέσα στους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) υπάρχουν σωλήνες με τους οποίους συλλέγεται βιοαέριο. Το βιοαέριο (μεθάνιο και μονοξείδιο του άνθρακα) παράγεται αφού ολοκληρωθεί η σήψη των απορριμμάτων. Συγκεντρώνεται μετέπειτα με ειδικούς σωλήνες που έχουν τοποθετηθεί μέσα στα απορρίμματα (Νταρακάς, 2014) , (Ζαγγανά, 2005), (Γιδαράκος & Σπυριδακή, 2007).



Σχήμα 9: Τρόπος λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ)

Στο Σχήμα 10 δίνεται μια φωτογραφία ενός τέτοιου χώρου υγειονομικής ταφής. Γενικά η τεχνολογία της υγειονομικής ταφής δεν κοστίζει πολύ και χρησιμοποιείται για την αξιοποίηση μεγάλου όγκου απορριμμάτων. Ωστόσο απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις ενώ υπάρχουν επίσης και αντιδράσεις από την κοινωνία τόσο όταν χωροθετούνται ΧΥΤΑ όσο και όταν μεταφέρονται απορρίμματα. Επίσης, το κόστος για να μεταφερθούν απορρίμματα προς τους ΧΥΤΑ θεωρείται μεγάλο (Τερζής, 2009).



Σχήμα 10: Στεγανοποιημένος Χώρος Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ ΑΡΤΑΣ)

3.3 Καύση/Αποτέφρωση

Μια άλλη τεχνολογία διαχείρισης απορριμμάτων αποτελεί αυτή της καύσης/αποτέφρωσης πλαστικών απορριμμάτων. Κατά την καύση μπορεί να γίνει επεξεργασία ενός μεγάλου όγκου απορριμμάτων ενώ αξιοποιούνται τεχνολογίες όπως: i) Η πυρόλυση, όπου υπάρχει η μετατροπή στερεού απορρίμματος σε υγρό κλάσμα, ii) Η αεριοποίηση όπου συμβαίνει η μετατροπή στερεού απορρίμματος σε αέριο κλάσμα.

Οι τεχνολογίες πυρόλυσης και ατμοποίησης μπορούν να συνδυαστούν επίσης ως μια υβριδική τεχνολογία επεξεργασίας πλαστικών αποβλήτων. Θα υπάρξει μια μείωση στις εκπομπές διοξειδίου και αιωρούμενων σωματιδίων με αυτήν τη συνδυασμένη τεχνολογία. Παρόλα αυτά οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου, αιωρούμενων υδρογονανθράκων και διοξινών μπορεί να είναι παρόμοιες με κάθε θερμική τεχνολογία επεξεργασίας απορριμμάτων χωριστά (Τερζής, 2009), (Φουντή, 2004), (Zaman, 2011).

Θετικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας καύσης απορριμμάτων είναι ότι για να λειτουργήσει ένα τέτοιο εργοστάσιο καύσης απορριμμάτων χρειάζεται μικρότερη περιοχή σε διαστάσεις σε σχέση με το χώρο υγειονομικής ταφής (Τερζής, 2009), (Φουντή, 2004). Η καύση των απορριμμάτων θεωρείται ωστόσο ότι έχει υπέρογκο κόστος. Πέρα από το πολύ μεγάλο κόστος για την εγκατάσταση μιας μονάδας καύσης, το λειτουργικό κόστος μιας μονάδας καύσης απορριμμάτων μπορεί να είναι κατά 30 φορές μεγαλύτερο από αυτό της υγειονομικής ταφής. Επίσης με την καύση των απορριμμάτων πραγματοποιείται εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων τοξικών ρύπων (π.χ. οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, αιωρούμενα σωματίδια διοξίνες) στην ατμόσφαιρα (Φουντή, 2004), (Χαραλαμπίδης, 2017).

3.4 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση είναι η διαδικασία κατά την αποικοδομείται βιολογικά η οργανική ύλης κάτω από συνθήκες παρουσίας ή απουσίας οξυγόνου, με την παραγωγή βιολογικός σταθεροποιημένου υλικού, το οποίο δεν κάνει κατανάλωση οξυγόνου ούτε είναι σε θέση για την παραγωγή φυτοτοξικών μεταβολιτών. Οι αναπτυσσόμενοι μικροβιακοί οργανισμοί κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης συντελούν στη μετατροπή της βιοαποικοδομήσιμη οργανική ύλη του κομποστ σε νερό, διοξείδιο του άνθρακα και αμμωνία, με ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας (Cesaro et al., 2005), (Roe, 1998).

Η παραγωγή του κομποστ μπορεί να γίνει είτε από φυτικά υπολείμματα, είτε από οργανικά απόβλητα βιομηχανιών (για παράδειγμα, ζυθοποιεία, βιομηχανίες παραγωγής πολτού) αλλά και από υπολείμματα τροφίμων καθώς και από βιοαποικοδομήσιμα οργανικά υλικά που απορρίπτονται από τα νοικοκυριά. Με την κομποστοποίηση μειώνεται ο όγκος των υπολειμμάτων κατά 75%. Η κομποστοποίηση μπορεί να λάβει χώρα σε συνθήκες αερόβιας ή αναερόβιας χώνευσης (Cesaro et al., 2005), (Roe, 1998), (Zaman, 2011).

1) Αερόβια χώνευση

Η αερόβια χώνευση απορριμμάτων διεξάγεται μέσα σε ειδικούς βιοαντιδραστήρες υπό αερόβιες συνθήκες. Η επιφάνεια στο εσωτερικό ενός τέτοιου βιοαντιδραστήρα αποτελείται από πληρωτικό υλικό (βιοφίλμ) (Velz, 1998), (Τσόντζος, 2015). Το πληρωτικό υλικό (βιοφίλμ) χρειάζεται να έχει πόρους ώστε να μπορεί να γίνεται η εισαγωγή των ρύπων και η αποδόμηση ενώ πρέπει παράλληλα να χαρακτηρίζεται από ανθεκτικότητα και να βοηθά ταυτόχρονα στην ανάπτυξη των μυκήτων.



Σχήμα 11: Βιοαντιδραστήρας (Τσόντζος, 2015)

Τύποι πληρωτικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύναται να είναι: Τύρφη, φλοίδες δέντρων, και άλλα συνθετικά υλικά. Σήμερα η πλειονότητα των αερόβιων βιοαντιδραστήρων έχει πληρωτικό υλικό από πολυμερικές μεμβράνες. Πάνω στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού γίνεται ο σχηματισμός του βιολογικού υμένα επάνω στον οποίο συντελείται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί αποδομούν εκεί τόσο το τοξικό φορτίο των αποβλήτων όσο και τους αναδυόμενους ρύπους, οι οποίοι εισέρχονται στον υμένα. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα γίνεται απόρριψη μέρους του υμένα με μηχανικό τρόπο (Velz, 1998), (Τσόντζος, 2015).

Κομποστοποίηση σε συνθήκες παρουσίας οξυγόνου μπορεί να λάβει χώρα και στο εξωτερικό περιβάλλον, όπου στα στερεά απόβλητα γίνεται συχνή προσθήκη κοπριάς τόσο για την επιτάχυνση της διαδικασίας όσο και για την αύξηση της περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά των πράσινων λιπασμάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ενεργός ιλύς, η οποία παράγεται κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων προστίθεται στα στερεά απόβλητα κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, συντελώντας στην προσθήκη με αυτόν τον τρόπο θρεπτικών συστατικών στο παραγόμενο κομπόστ (Cesaro et al., 2005), (Roe, 1998).

II) Αναερόβια χώνευση

Εκτός από τους αντιδραστήρες στους οποίους λαμβάνει χώρα αερόβια χώνευση, τα στερεά απόβλητα δύναται να επεξεργαστούν ώστε να παραχθεί σταθεροποιημένο υλικό (κομπόστ) χωρίς τοξικότητα και σε αντιδραστήρες όπου συμβαίνει αναερόβια χώνευση, οπότε υπάρχουν συνθήκες απουσίας οξυγόνου (Haandel & Lettinga, 1994).

Η διαφορά με την αερόβια επεξεργασία αποβλήτων είναι ότι τώρα με την αναερόβια επεξεργασία μπορεί να παραχθεί βιοαέριο. Αυτό αποτυπώνεται στην ακόλουθη αντίδραση (Βλυσίδης, 2003):

Οργανική ύλη + H₂O + θρεπτικές ουσίες → Νέα Οργανική Ύλη+CO₂+CH₄ +H₂S+θερμότητα

Το βιοαέριο από την παραπάνω αντίδραση αποτελείται από μεθάνιο (CH_4) σε ποσοστά από 50-70% και από διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε ποσοστά από 30-50 (Haandel & Lettinga, 1994), (Βλυσίδης, 2003), (Metcalf & Eddy, 1991).



Σχήμα 12: Αναερόβιοι βιολογικοί αντιδραστήρες (Λέκκα, 2013)

Το κομπόστ που παράγεται επιδρά θετικά στα εδάφη και αυτό γιατί έχει υψηλή περιεκτικότητα τόσο σε οργανικό περιεχόμενο όσο και σε θρεπτικά συστατικά. Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους βελτιώνονται από τις οργανικές ενώσεις που έχει το κομπόστ.

Είναι χαρακτηριστικό ότι σχεδόν το 50% της συνολικής ποσότητας του κομπόστ που παράγεται χρησιμοποιείται στην Ευρώπη στον κλάδο της γεωργίας ενώ η χρήση του ενισχύεται και σε άλλες χώρες όπως στην Αμερική. Πιο συγκεκριμένα, το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα ώστε να καλλιεργούνται: i) Αμπέλια, ii) Μανιτάρια, iii) Οπωροκηπευτικά σε θερμοκήπια, iv) Λουλούδια, v) Σιτηρά (Cesaro et al., 2005), (Roe, 1998).

3.5 Ανακύκλωση

Σήμερα παράγοντες όπως: i) Η αυξημένη συνειδητοποίηση εκ μέρους της κοινωνίας σε ότι αφορά την αυξημένη παραγωγή όγκου αποβλήτων μετά την κατανάλωση, ii) Η ανάγκη για ανάκτηση υλικών και ενέργειας κατά τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, iii) Οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι που δημιουργούνται από τις υπάρχουσες εφαρμοζόμενες τεχνικές διαχείρισης στερεών αποβλήτων, καθιστούν ως μέγιστης σημασίας τις τεχνικές της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης των απορριμμάτων που παράγονται (Taelman et al., 2018).

Άλλωστε στις μέρες μας, υπάρχει μια στροφή από τη γραμμική οικονομία προς την κυκλική οικονομία. Στη γραμμική οικονομία λαμβάνει χώρα η απόρριψη των προϊόντων μετά τη δημιουργία τους. Αντίθετα στην κυκλική οικονομία συμβαίνει η ανάκτηση και η επαναχρησιμοποίηση των υλικών από τα απορρίμματα, κάτι το οποίο μειώνει τα περιβαλλοντικά προβλήματα ενώ σταματά και η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση των φυσικών κοιτασμάτων. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα μελλοντικών αποθεμάτων ενώ και η αξία του προϊόντος γίνεται μέγιστη. Κατά το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, λαμβάνει χώρα η

κυκλοφορία της αξίας του προϊόντος μεταξύ όλων αυτών που συσχετίζονται, από τους παραγωγούς έως τους καταναλωτές (Taelman et al., 2018), (Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης, 2018).

Μεγάλης σημασίας στην κυκλική οικονομία είναι να δημιουργηθούν συστήματα που θα συλλέγουν τα απορρίμματα και να αναζητηθούν λύσεις ώστε τα παραγόμενα απορρίμματα να διαχειρίζονται με βιώσιμο τρόπο. Παράλληλα το μοντέλο κυκλικής οικονομίας δημιουργεί θέσεις εργασίας και προάγει καινοτόμα προϊόντα με καλύτερη ποιότητα και μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Υπάρχει επίσης μικρότερη εξάρτηση σε εισαγόμενα προϊόντα (Taelman et al., 2018), (Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης, 2018).

Τα κύρια στάδια σε μια κυκλική οικονομία είναι (Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης, 2018):

- Η απόκτηση πρώτων υλών
- Ο σχεδιασμός
- Η παραγωγή
- Η διανομή
- Η κατανάλωση/επαναχρησιμοποίηση
- Η συλλογή
- Η ανακύκλωση, με την οποία θα ανακτώνται υλικά και θα λαμβάνονται νέες πρώτες ύλες.



Σχήμα 13: Στάδια σε μια κυκλική οικονομία (Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης, 2018)

Ανακύκλωση ορίζεται ως η τεχνική επαναχρησιμοποίησης διαφόρων υλικών ή απορριμμάτων. Αφού ανακυκλωθούν, συντελείται η μετατροπή των απορριμμάτων σε πρώτες ύλες από τις οποίες πραγματοποιείται η παραγωγή νέων προϊόντων (Νταρακάς, 2014).

Σε όλες τις χώρες της Ευρώπης βάση της ντιρεκτίβας EU Wasteframe Directive (2008/98/EC) οι επιλογές ιεραρχούνται ως εξής σε ότι αφορά τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (Τερζής, 2009), (Νταρακάς, 2014):



Σχήμα 14: Ιεράρχηση επιλογών διαχείρισης αποβλήτων (Τερζής, 2009)

Με βάση το παραπάνω σχήμα, πρώτες προτεραιότητες της ευρωπαϊκής πολιτικής είναι να προλαμβάνεται και να ελαχιστοποιείται ο όγκος των στερεών αποβλήτων και ως τελευταίες επιλογές θεωρούνται η τελική διάθεση και η επεξεργασία. Επίσης, φαίνεται ότι η ανακύκλωση έχει μεγαλύτερη αξία σε ότι αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων από ότι οι τεχνικές της υγειονομικής ταφής και της καύσης των απορριμμάτων.

Μεγάλη σημασία σε ότι αφορά τα πλαστικά που ανακυκλώνονται είναι η συγκέντρωση των απορριμμάτων στην πηγή. Έτσι με αυτόν τον τρόπο τα χρήσιμα υλικά ανακτώνται πριν γίνει η ανάμειξη με τον υπόλοιπο όγκο των απορριμμάτων. Η διαλογή στην πηγή θεωρείται ως μια ολοκληρωμένη, διαφορετική λύση ανακύκλωσης απορριμμάτων. Παρακάτω γίνεται η περιγραφή των τρόπων ώστε να λάβει χώρα η διαλογή στην πηγή:

I) Συλλογή πόρτα-πόρτα

Με την τεχνική αυτή, λαμβάνει χώρα η περισυλλογή των προς ανάκτηση υλικών έξω από τα σπίτια. Αυτά περισυλλέγονται από ένα όχημα συλλογής και οδηγούνται στον τελικό χρήστη. Με το πρόγραμμα αυτό μπορεί να γίνει η περισυλλογή ενός ή περισσότερων υλικών είτε όλα μαζί είτε χωριστά. Εθελοντικά ή υποχρεωτικά μπορεί κάποιος να συμμετέχει σε ένα τέτοιο πρόγραμμα συλλογής πόρτα-πόρτα ενώ στους κατοίκους γίνεται σε πολλές περιπτώσεις παραχώρηση δοχείων ώστε να αποθηκεύονται τα ανακυκλώσιμα υλικά στο σπίτι (Νταρακάς, 2014), (Λοιζίδου, 2015).

II) Συλλογή σε σύστημα με κάδους ανακύκλωσης/containers

Σε αυτήν την περίπτωση η συλλογή των απορριμμάτων από: i) χαρτί, ii) γυαλί, iii) μέταλλο, iv) πλαστικό, γίνεται ξεχωριστά σε ειδικούς κάδους. Υπάρχουν οι κάδοι με μπλε χρώμα σε ότι αφορά την ανακύκλωση χαρτιού, οι κάδοι με μαύρο χρώμα σε ότι αφορά την ανακύκλωση

γυαλιού, οι κάδοι με κίτρινο χρώμα σε ότι αφορά την ανακύκλωση αλουμινίου και οι κάδοι με κόκκινο χρώμα σε ότι αφορά την ανακύκλωση πλαστικού (Νταρακάς, 2014), (Λοιζίδου, 2015).



Σχήμα 15: Σύστημα διαχείρισης αστικών απορριμμάτων με 4 κάδους ξεχωριστούς για κάθε υλικό (πλαστικό, αλουμίνιο, γυαλί, συσκευασίες-έντυπο υλικό) (Νταρακάς, 2014)

Οι κάδοι ανακύκλωσης τοποθετούνται σε σημεία, ώστε κάποιος να μπορεί να φτάνει εύκολα σε αυτούς. Η συχνότητα με την οποία συλλέγονται οι κάδοι καθορίζεται τόσο από την ποσότητα των απορριμμάτων όσο και τη θέση που βρίσκονται. Μπορούν να συλλέγονται ανά εβδομάδα ή ανά δεκαπέντε ημέρες, μετά από μια σχετική ειδοποίηση, ή σε καθορισμένες ημέρες (Λοιζίδου, 2015). Πέρα από τους κάδους ανακύκλωσης τα απορρίμματα μπορούν να συλλεχθούν και σε ειδικά κιβώτια απορριμμάτων, τα λεγόμενα *containers*.



Σχήμα 16: Κοντέινερ (Νταρακάς, 2014)

III) Κέντρα συλλογής υλικών

Σε αυτήν την περίπτωση, αφού γίνει ο διαχωρισμός στο σπίτι των προς ανακύκλωση υλικών από τους πολίτες, γίνεται η μεταφορά τους στο κέντρο συλλογής. Από εκεί γίνεται η

κατεύθυνση στον τελικό χρήστη (π.χ. αντίστοιχη βιομηχανία). Θετικά σημεία αυτού του τρόπου διαλογής στην πηγή είναι ότι τα απορρίμματα μπορούν να ελέγχονται κατάλληλα, να συμμετέχει η κοινότητα ενώ και το κόστος συλλογής είναι χαμηλό (Λοιζίδου, 2015).

Τα απορρίμματα μπορούν να συλλεχθούν σε ένα δίκτυο πράσινων σημείων. Το Πράσινο Σημείο (ΠΣ) είναι ένας χώρος, ο οποίος έχει διαμορφωθεί και έχει οριοθετηθεί και εξοπλιστεί κατάλληλα από το Δήμο. Έχει άρτια κτιριακή υποδομή και έχει οργανωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται εναπόθεση από τους δημότες ανακυκλώσιμων υλικών, χωριστά συλλεγόντων, μεταξύ των άλλων και πλαστικών, προκειμένου στη συνέχεια να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2015). Παρακάτω απεικονίζεται ένα τέτοιο Πράσινο Σημείο στο αμαξοστάσιο Σερρών (Σχ.17).



Σχήμα 17: Πράσινο σημείο στο αμαξοστάσιο Σερρών (Ηλεκτρονική Εφημερίδα NEWSBOMB, 2016)

IV) Κέντρα αγοράς υλικών

Με τα κέντρα αγοράς υλικών γίνεται ουσιαστικά επέκταση του όρου των κέντρων συλλογής υλικών, ενώ σε αυτά υπάρχει και το οικονομικό κίνητρο για εκείνους που μεταφέρουν σε αυτά τα κέντρα απορρίμματα καθώς οι ίδιοι αμείβονται για αυτόν το σκοπό. Τα κέντρα αγοράς υλικών θεωρούνται η πιο συνηθισμένη λύση όπου συλλέγονται και να ανακυκλώνονται κουτιά αλουμινίου. Στα κέντρα αυτά συλλέγονται ορισμένες φορές και εφημερίδες και μπουκάλια (Λοιζίδου, 2015).

Κέντρα διανομής ανακυκλώσιμων υλικών (Κ.Δ.Α.Υ)/Μονάδα μηχανικής ανακύκλωσης

Αφού συλλεχθούν τα ανακυκλώσιμα υλικά με όλες αυτές τις επιλογές που αναφέρθηκαν προηγουμένως, στη συνέχεια οδηγούνται σε ειδικά κέντρα διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών

(ΚΔΑΥ). Εκεί λαμβάνει χώρα η επανάκτηση και η δεματοποίηση των καθαρών υλικών. (Νταρακάς, 2014).

Στα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) τα ανακυκλωθέντα υλικά διαλέγονται χειρωνακτικά πάνω σε μεταφορική ταινία. Η σύνδεση των ποικίλων σταθμών διαλογής και του χρησιμοποιούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού γίνεται με ταινιοδρόμους (Λοιζίδου, 2015), (Νταρακάς, 2014). Παρακάτω απεικονίζεται χειροδιαλογή αστικών απορριμμάτων από εργαζόμενους σε ΚΔΑΥ:



Σχήμα 18: Χειροδιαλογή αστικών απορριμμάτων από εργαζόμενους σε ΚΔΑΥ (Νταρακάς, 2014)

Στα ΚΔΑΥ τα ανακυκλώσιμα υλικά αποκτούν πάρα πολύ καλή ποιότητα και μάλιστα αυξάνει η εμπορική αξία των επανακτημένων υλικών. Έτσι επιτυγχάνονται οι προδιαγραφές ποιότητας ώστε να μπορούν να απορροφηθούν από την αγορά ενώ πωλούνται και σε υψηλότερες τιμές (Λοιζίδου, 2015). Η ανακύκλωση έχει γενικά μεγάλη αξία καθώς (ΕΟΑΝ), (Ρούσση & Χαρίτου, 2010):

- Μειώνεται η ποσότητα των υλικών που οδηγούνται στο χώρο υγειονομικής ταφής. Συνεπώς μπορεί να κατασκευαστεί χώρος με μικρότερες διαστάσεις για υγειονομική ταφή. Αυξάνει έτσι ο χρόνος ζωής των χώρων τελικής διάθεσης. Συντελείται παράλληλα μείωση του κόστους μεταφοράς των απορριμμάτων προς τους χώρους τελικής διάθεσης.
- Υπάρχει εξοικονόμηση πολύτιμων πρώτων υλών (π.χ. πλαστικό).
- Δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας. Σε προγράμματα ανακύκλωσης απασχολείται προσωπικό μάλιστα με αναλογία 5:1 σε σχέση με το προσωπικό που απασχολείται με την υγειονομική ταφή.
- Δημιουργείται εθνικό κέρδος από την επαναχρησιμοποίηση των υλικών που ανακυκλώνονται. Παράγεται επίσης και ιδιωτικό κέρδος αφού πωληθούν τα ανακυκλωμένα υλικά.

- Η δημόσια υγεία και το περιβάλλον προστατεύονται καθώς δεν παράγονται τόσα απορρίμματα με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα μείωση των εκπομπών τοξικών ρύπων, οι οποίοι εκπέμπονται κατά την εναπόθεση των απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής. Με την τεχνική της ανακύκλωσης δεν παράγονται επίσης στην ατμόσφαιρα τοξικά καυσαέρια, όπως αυτό συμβαίνει κατά την αξιοποίηση της τεχνολογίας της καύσης των απορριμμάτων. Καυσαέρια όπως για παράδειγμα το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το μεθάνιο (CH₄), τα οποία συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δεν παράγονται. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου με κατακράτηση ηλιακής ακτινοβολίας στη γη έχει οδηγήσει σε ακραίες κλιματικές μεταβολές (π.χ. Αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας, έντονη ξηρασία, πλημμύρες) τον πλανήτη. Μειώνεται και ο κίνδυνος δε υποβάθμισης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα από τα παραγόμενα στραγγίσματα κατά τη σήψη των απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής.
- Εκτός από τις παραπάνω συνέπειες, μειώνονται και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται όταν ανακτώνται φυσικοί πόροι (π.χ. όταν εξορύσσονται εδάφη για την τροφοδότηση με πρώτες ύλες στις μεταλλουργίες, όταν κόβονται δέντρα στα δάση για την τροφοδότηση με πρώτες ύλες στις βιομηχανίες χαρτιού).

Μια τέτοια προσπάθεια ανακύκλωσης για την αντιμετώπιση του προβλήματος της θαλάσσιας ρύπανσης από πλαστικά απορρίμματα γίνεται σε χώρες της Καραϊβικής, όπως είναι ο Παναμάς και η Τζαμάικα. Τα τελευταία χρόνια έχει εντοπιστεί σημαντικό πρόβλημα σε ότι αφορά τη ρύπανση της Καραϊβικής Θάλασσας από τέτοιου είδους απορρίμματα.

Ο κίνδυνος είναι σημαντικός στην περιοχή για το θαλάσσιο οικοσύστημα, για τους κοραλλιογενείς υφάλους και για την ανθρώπινη υγεία. Η απειλή γίνεται μεγαλύτερη καθώς λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στην περιοχή και της σημαντικής έκθεσης στον ήλιο, τα πλαστικά κομμάτια διασπώνται γρήγορα σε μικροπλαστικά σωματίδια, τα οποία μπορούν να εισέλθουν εύκολα λόγω του μικρού τους μεγέθους στη τροφική αλυσίδα.

Η πρωτοβουλία ανακύκλωσης διενεργείται με συνεργασία θεσμών όπως είναι: i) Οργανισμός Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency) της Αμερικής, ii) Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών μέσω των τοπικών της γραφείων στα πλαίσια εκτέλεσης του Προγράμματος Προστασίας Περιβάλλοντος για την Καραϊβική (Caribbean Environment Program).

Οι συγκεκριμένοι φορείς συνεργάζονται με κυβερνητικές υπηρεσίες και κοινότητες σε περιοχές της Καραϊβικής για να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση προβλημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων ώστε να μειωθεί η ποσότητα των απορριμμάτων που εισέρχονται στα ύδατα της Καραϊβικής Θάλασσας. Στην ευρύτερη περιοχή της Καραϊβικής, μέχρι το 80% των απορριμμάτων που προέρχεται από χερσαίες πηγές στερεών αποβλήτων. Περίπου το 65% αυτών των αποβλήτων απορρίπτεται σε ανοικτές χωματερές, πλωτές οδούς στο εσωτερικό (π.χ. ποτάμια), στις ακτές καθώς και απευθείας στην Καραϊβική Θάλασσα (UN Environment).

Το πρόγραμμα ανακύκλωσης διενεργείται πιλοτικά σε χώρες της Καραϊβικής, όπως είναι ο Παναμάς και η Τζαμάικα. Σε αυτές τις χώρες μεγάλες ποσότητες πλαστικών απορριμμάτων

συλλέγονται καθημερινά χρησιμοποιώντας ειδικούς κάδους ανακύκλωσης τοποθετημένους έξω από σχολεία, έξω από μπαρ, σε αστυνομικούς σταθμούς αλλά και στην αγορά (UN Environment).



Σχήμα 19: Η ανακύκλωση απορριμμάτων σε χώρες της Καραϊβικής βοηθά στην αντιμετώπιση της μόλυνσης του περιβάλλοντος που προέρχεται από την εισχώρησή των στη θάλασσα (UN Environment)

4. Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε ακτές/θάλασσες

Πέρα από τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων πριν αυτά μπουν στη θάλασσα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τεχνικές ιχνηλασιμότητας. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο για την περίπτωση που τα πλαστικά απορρίμματα βρίσκονται σε ακτές όσο και για την περίπτωση που τα πλαστικά απορρίμματα βρίσκονται ήδη μέσα στη θάλασσα. Η ιχνηλασιμότητα μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος καθώς μέσω αυτής δίνονται πληροφορίες για το πού συγκεντρώνονται τα πλαστικά απορρίμματα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να γίνουν στη συνέχεια οργανωμένες και συντονισμένες προσπάθειες απομάκρυνσης των πλαστικών απορριμμάτων ώστε να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το πρόβλημα της ρύπανσης.

4.1 Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων στις ακτές

4.1.1 Πρωτοβουλία Marine LitterWatch

Η πρωτοβουλία Marine Litter Watch αναπτύχθηκε από την Ευρωπαϊκή Διεύθυνση Περιβάλλοντος (European Environmental Agency) και η οποία συνδυάζει την εμπλοκή του πολίτη και τη σύγχρονη τεχνολογία για την αντιμετώπιση του προβλήματος των πλαστικών απορριμμάτων στις παραλίες προτού αυτά καταλήξουν στις θάλασσες. Αξιοποιεί την επιστημονική έρευνα και την τεχνολογία σε κινητά τηλέφωνα έτσι ώστε να βοηθήσει κοινότητες να έρθουν πιο κοντά σε ότι αφορά τον καθαρισμό των ακτών στην Ευρώπη (EEA), (EEA, 2018).

Πιο συγκεκριμένα, το πρόγραμμα Marine LitterWatch προσφέρει εργαλεία όπως (EEA):

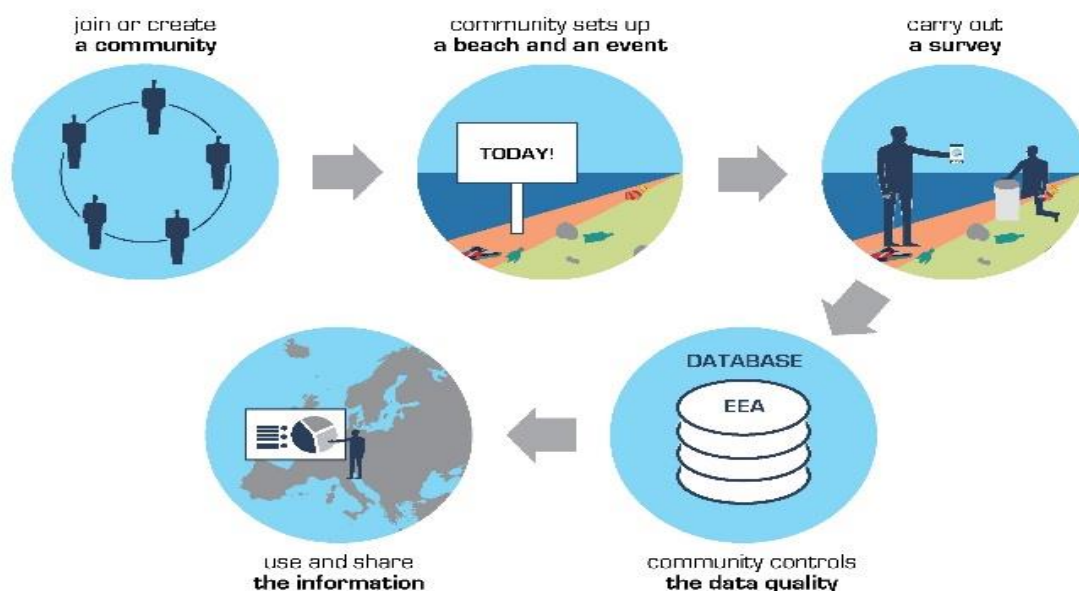
- i) Εφαρμογή για κινητά (Marine Litter Watch App),
- ii) Διαδικτυακή πύλη (Web Portal)
- iii) Δημόσια βάση δεδομένων (Public Database)

Αυτά τα εργαλεία έχουν ως σκοπό τη συλλογή και την ανταλλαγή συγκρίσιμων δεδομένων σχετικά με τα θαλάσσια απορρίμματα στις παραλίες. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η πρωτοβουλία Marine LitterWatch είναι ο εξής: Μεμονωμένα άτομα ή οργανωμένες ομάδες ατόμων (κοινότητες) πραγματοποιούν έρευνες σε παραλίες με σκοπό την ενδεχόμενη ανεύρεση απορριμμάτων. Στη συνέχεια για όσα απορρίμματα ανιχνεύονται, λαμβάνονται φωτογραφίες. Μετά γίνεται φόρτωση όλων αυτών των δεδομένων μαζί με τη παραλία που καταγράφεται η θέση του απορρίμματος στην εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα Marine Litter Watch App.

Στη συνέχεια όλα τα στοιχεία συγκεντρώνονται σε μια δημόσια βάση δεδομένων και γίνονται γνωστά στο ευρύτερο κοινό μέσω της διαδικτυακής πύλης του προγράμματος Marine LitterWatch. Στον ίδιο ιστοχώρο υπάρχει και μια πλατφόρμα για τις κοινότητες ώστε να μπορούν να ανταλλάσσουν τις γνώσεις που έχουν και να δημιουργούν από κοινού συνεργασίες

και ομαδικές προσεγγίσεις του προβλήματος με σκοπό την ιχνηλασιμότητα των απορριμμάτων στις παραλίες (EEA), (EEA, 2018).

Όλα τα στάδια της πρωτοβουλίας Marine Litter Watch απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα (EEA):



Σχήμα 20: Στάδια πρωτοβουλίας Marine Litter Watch για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε ευρωπαϊκές ακτές (EEA)

Οι κοινότητες που δημιουργούνται μπορεί να προέρχονται: i) Από μέλη της τοπικής αυτοδιοίκησης, ii) Από μέλη βιομηχανιών και διαφόρων επιχειρήσεων, iii) Από αθλητικές κοινότητες (για παράδειγμα τοπικές αθλητικές λέσχες), iv) Από ομάδες προσκόπων, v) Από μαθητές και φοιτητές, vi) Από επιστήμονες και εμπειρογνώμονες (EEA), (EEA, 2018).

Η εφαρμογή Marine Litter Watch App είναι διαθέσιμη τόσο για συσκευές Android όσο και για συσκευές iPhone και iPad. Οι ελάχιστες απαιτήσεις που απαιτούνται είναι 3G δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, iOS 7.0 καθώς και Android 3.0. Η εφαρμογή μπορεί να εγκατασταθεί δωρεάν στο κινητό τηλέφωνο από το Google Play Store και το App Store (EEA).

Μέσω της πρωτοβουλίας Marine Litter Watch έχουν εντοπιστεί πλαστικά απορρίμματα σε παραλίες στο Βόρειο-Ανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό, στη Βαλτική Θάλασσα, στη μεσόγειο και στη μαύρη Θάλασσα (EEA, 2018).

Αυτά που έχουν ανιχνευτεί είναι τα εξής (EEA, 2018):

- Μεγάλες πλαστικές σακούλες για ψώνια/Μικρές πλαστικές σακούλες/Σακούλες κατάψυξης
- Πακέτα
- Καπάκια

- Κομμάτια από πλαστικό (για παράδειγμα από πολυστυρένιο) με μεγέθη μεγαλύτερα των 2.5cm και μικρότερα των 50cm
- Πλαστικά μπουκάλια τόσο με μεγέθη <0.5 lt όσο και με μεγέθη >0.5lt

Οι πλαστικές σακούλες όλων των ειδών θεωρούνται το είδος του απορρίμματος που ανιχνεύεται περισσότερο στις παραλίες ενώ τα πλαστικά μπουκάλια με μεγέθη >0.5lt θεωρούνται εκείνο το πλαστικό απόρριμμα που ανιχνεύεται λιγότερο (ΕΕΑ).

Πέρα όμως από την ιχνηλασιμότητα απορριμμάτων (μεταξύ αυτών και πλαστικών), οι κοινότητες διοργανώνουν και επιχειρήσεις συλλογής αυτών των απορριμμάτων και καθαρισμού των ακτών (ΕΕΑ), (ΕΕΑ, 2018).



Σχήμα 21: Καθαρισμός ακτών από ομάδα ατόμων ως 2^ο στάδιο της πρωτοβουλίας MarineLitter Watch μετά την ιχνηλασιμότητα απορριμμάτων στις παραλίες (ΕΕΑ, 2018).

Σύμφωνα με στοιχεία από το 2014, όποτε ξεκίνησε η πρωτοβουλία αυτή από την Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν συγκεντρωθεί 693.259 αντικείμενα ενώ έχουν διενεργηθεί συνολικά 1.627 εκδηλώσεις καθαρισμού ακτών (ΕΕΑ, 2018).

4.1.2 Marine Debris Tracker

Το project Marine Debris Tracker, είναι μια πρωτοβουλία που ξεκίνησε το 2010 και οφείλεται στη συνεργασία μεταξύ του οργανισμού NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), ο οποίος εδρεύει στην Αμερική και στην πρωτοβουλία που λαμβάνει χώρα για την αντιμετώπιση της ρύπανσης από τα απορρίμματα στο Νοτιοανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό (SEA-MDI). Η προσπάθεια διενεργείται από τη σχολή των μηχανικών του Πανεπιστημίου της Georgia (Marine Debris Program Office of Response/Restoration).

Το Marine Debris Tracker App είναι μια εφαρμογή στο κινητό στην οποία γίνεται ανέβασμα από φωτογραφίες απορριμμάτων που λαμβάνονται κατά μήκος των ακτών της Αμερικής. Η εφαρμογή καταγράφει τη θέση των απορριμμάτων μέσω GPS και επιτρέπει την προσθήκη μιας

περιγραφής σε κάθε απόρριμμα. Η εφαρμογή μπορεί να εγκατασταθεί στο κινητό μέσω του app store ή μέσω της εφαρμογής Android στο Google Play.

Στη συνέχεια και αφού γίνει εγγραφή του χρήστη στον ιστότοπο του Marine Debris Tracker μπορεί να κάνει υποβολή όλων των δεδομένων για τα απορρίμματα τα οποία έχουν ανιχνευτεί από τους χρήστες σε διάφορες ακτές και τα οποία έχουν ήδη καταχωρηθεί στην εφαρμογή Marine Debris Tracker App. Στον ιστότοπο ο χρήστης μπορεί να πληροφορηθεί και για στατιστικά δεδομένα για διάφορα είδη ανιχνεύσιμων απορριμμάτων, τα οποία δημοσιεύονται σε πραγματικό χρόνο (Marine Debris Program Office of Response/Restoration), (Scistarter).

Αυτό το εργαλείο θεωρείται γενικά ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την απεικόνιση του προβλήματος των απορριμμάτων σε μια τοπική παραλία αλλά και για αναπαράσταση του προβλήματος σε ένα παρόμοιο γεγονός σε μια άλλη παραλία στην οποία γίνεται επίσκεψη κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Μέχρι σήμερα στην εφαρμογή Marine Debris Tracker App έχουν ανεβεί δεδομένα με περισσότερα από 1.500.000 απορρίμματα σε ακτές σε όλη την Αμερική (Marine Debris Program Office of Response/Restoration), (Scistarter).

4.2 Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε θάλασσες

Τόσο η πρωτοβουλία Marine Debris Tracker στην Αμερική όσο και η ευρωπαϊκή πρωτοβουλία Marine LitterWatch συμβάλλουν στην ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων που βρίσκονται σε παραλίες. Στην περίπτωση ιχνηλασιμότητας πλαστικών απορριμμάτων μέσα στη θάλασσα αξιοποιούνται άλλες τεχνικές, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

4.2.1 Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων με χρήση τεχνολογίας βίντεο

1) Ιχνηλασιμότητα για πλαστικά απορρίμματα που επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας

A) Χρήση βιντεοκάμερας σε πλοία

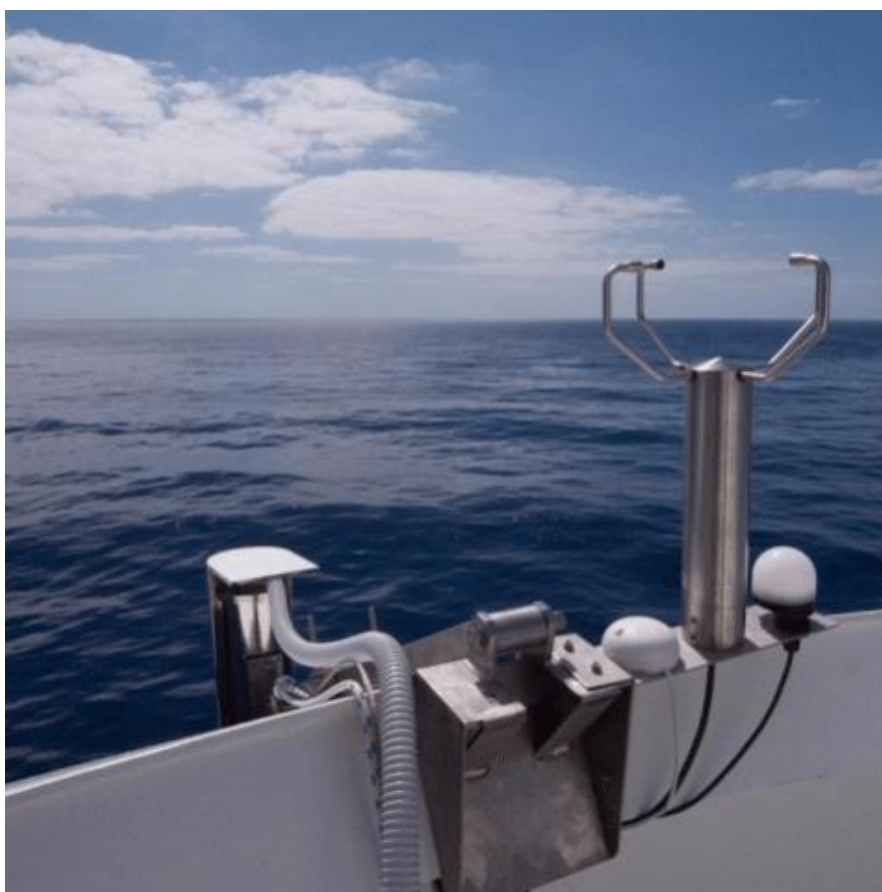
Σήμερα έχει διαπιστωθεί ότι η οπτική τεχνολογία με χρήση βιντεοκάμερας μπορεί να αξιοποιηθεί για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων, τόσο αυτών που επιπλέουν σε ύδατα όσο και αυτών που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Στην περίπτωση πλαστικών απορριμμάτων που επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί βιντεοκάμερα με σκοπό την ανίχνευση τυχόν πλαστικών απορριμμάτων που επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού. Στη συνέχεια μέσω της τεχνολογίας αναγνώρισης εικόνας μπορεί να γίνει ακόμα και υπολογισμός της ποσότητάς τους. Το project αυτό βρίσκεται σε εξέλιξη από το κέντρο ερευνών JRC (Joint Research Center) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Gargani et al., 2011).

Η κάμερα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για την ιχνηλασιμότητα απορριμμάτων στον ποταμό Po της Βόρειας Ιταλίας κοντά στην Πιατσέντσα. Η κάμερα εγκαταστάθηκε κάτω από μια γέφυρα σε ύψος 14m πάνω από την επιφάνεια του νερού. Κάλυπτε την επιφάνεια του νερού 6.5m x 6.5m και εμφάνιζε διακριτική ικανότητα 8pixel/cm. Λειτουργούσε αυτόματα από τις 10.11 έως τις 15.11 του 2017 καθημερινά από τις 7 το πρωί έως τις 5 το απόγευμα (Hanke et al., 2011). Στην περίπτωση της ιχνηλασιμότητας θαλάσσιων απορριμμάτων, η βιντεοκάμερα

τοποθετείται πάνω σε έναν στύλο, ο οποίος βρίσκεται σε κάποιο ύψος πάνω σε ένα καράβι. Η βιντεοκάμερα έχει υψηλή διακριτική ικανότητα και είναι εφαρμοσμένη προς την επιφάνεια της θάλασσας. Λειτουργεί αυτόματα με δυνατότητα λήψης εικόνων τόσο σε κινούμενη όσο και σε ακίνητη φάση. Η αυτόματη λήψη εικόνων δίνει το πλεονέκτημα κάλυψης πολύ μεγάλων περιοχών και επιτρέπει τον έλεγχο της ποιότητας των αποτελεσμάτων ώστε να υπάρχει καλύτερη πιθανότητα για κατηγοριοποίηση των αντικειμένων. Η κάμερα έχει φακό 50mm ώστε να επιτυγχάνει την απεικόνιση αντικειμένων που έχουν μεγέθη το λιγότερο 2.5cm (Galvani et al., 2011).

Οι εικόνες που λαμβάνει επεξεργάζονται μετέπειτα από την τεχνολογία αναγνώρισης εικόνας. Οι παράμετροι του λογισμικού αναγνώρισης εικόνας έχουν προσαρμοστεί για τον εντοπισμό θαλάσσιων απορριμμάτων. Για 1h συνεχούς λήψης εικόνων από την κάμερα, ο χρόνος που χρειάζεται το λογισμικό με σκοπό τον προσδιορισμό των αντικειμένων είναι 30h. Τέτοια βιντεοκάμερα προσαρμόστηκε σε έναν στύλο σε ύψος 16m στο κρουαζιερόπλοιο Costa Crociere και χρησιμοποιήθηκε σε ταξίδια του στη Δυτική Μεσόγειο το 2010 και το 2011 (Galvani et al., 2011).



Σχήμα 22: Σύστημα JRC SealitterCam (Galvani et al., 2011)

B) Χρήση βιντεοκάμερας σε μη επανδρωμένα αεροπλάνα (Drones)

Μη επανδρωμένα αεροπλάνα (γνωστά ως Drones) εξοπλισμένα με βιντεοκάμερες υψηλής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αυτά για την ίχνηλασιμότητα πλαστικών

απορριμμάτων. Με τη χρήση drones χιλιάδες αεροφωτογραφίες μπορούν να ληφθούν πάνω από τη θάλασσα και ακτές. Στη συνέχεια με τη χρήση λογισμικού ανάλυσης εικόνων μπορεί να καταστεί δυνατή η αναγνώριση πλαστικών απορριμμάτων όπως σακούλες ή καπάκια από μπουκάλια (European Commission), (Harris, 2018), (Bigagli et al., 2019).



Εικόνα 23: Χρήση μη-επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) μπορεί να συντελέσει στην ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε ακτές και θάλασσες (European Commission)

Έτσι με τις πληροφορίες που συλλέγονται μέσω των drones καθίσταται εύκολο να ανιχνευθούν τα σημεία των απορριμμάτων σε ακτές, καθώς και η σύνθεση των απορριμμάτων που βρίσκονται σε αυτά. Αυτό συμβάλλει στο σχεδιασμό ακριβέστερων και αποτελεσματικότερων μέτρων πρόληψης και μετριασμού. Παράλληλα, μέσω αυτής της τεχνολογίας καθίσταται δυνατή η ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε απομακρυσμένες, δυσπρόσιτες περιοχές (European Commission), (Harris, 2018), (Bigagli et al., 2019).

Άλλα πλεονεκτήματα που παρατηρούνται με αξιοποίηση αυτής της νέας τεχνολογίας σε ότι αφορά την ιχνηλασιμότητα των πλαστικών απορριμμάτων σε θάλασσα και ακτές είναι και τα εξής (European Commission):

- Η ικανότητα αύξησης του γεωγραφικού πεδίου των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την καταπολέμηση των απορριμμάτων των αποβλήτων σε απομακρυσμένες περιοχές ή με δύσκολη πρόσβαση
- Η μείωση της προσπάθειας που απαιτείται σε αυτές τις εκστρατείες, καθώς και η μείωση του χρόνου που αφιερώνεται σε αυτές.
- Βελτίωση των συνθηκών εργασίας του προσωπικού που εκτελεί αυτές τις εκστρατείες, καθώς η συχνά επίπονη εργασία μπορεί να αντικατασταθεί από αυτή τη νέα τεχνολογία.

- Η αυτοματοποιημένη ταυτοποίηση αντικειμένων θαλάσσιων απορριμμάτων μέσω ενός συγκεκριμένου λογισμικού αναγνώρισης εικόνας μειώνει το περιθώριο ανθρώπινου σφάλματος.

Η χρήση μη επανδρωμένων αεροπλάνων για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε θάλασσα και ακτές της Ευρώπης αποτελεί στρατηγικό σχεδιασμό της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσα από το project Litterdrone. Ήδη το πρόγραμμα αυτό πρόκειται να αξιοποιηθεί για την ανίχνευση πλαστικών απορριμμάτων στις παράκτιες περιοχές του Εθνικού Πάρκου της Γαλικίας, μια περιοχή τεράστιας οικολογικής αξίας και δύσκολης πρόσβασης, των οποίων οι παραλίες παρακολουθούνται ήδη μέσω παραδοσιακών μεθόδων (European Commission). Drones χρησιμοποιήθηκαν επίσης για τον εντοπισμό πλαστικών απορριμμάτων σε ευρωπαϊκές ακτές (Ακτές στο Βορειοατλαντικό ωκεανό και Μάλτα) μέσα από εφαρμογή του project AMAre (Bigagli et al., 2019).

Μειονεκτήματα με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι ότι πρόκειται για μια μέθοδος ευαίσθητη στις καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες. Αν δεν είναι αυτοματοποιημένη, η διαδικασία ανάλυσης μπορεί να είναι δαπανηρή και χρονοβόρα (Bigagli et al., 2019).

II) Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε υποθαλάσσια ύδατα

A) Χρήση βιντεοκάμερας από δύτες

Για απορρίμματα που βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα σε ρηχά επιφανειακά νερά με βάθος ως 40m, η πιο συνηθισμένη μέθοδος για την ιχνηλασιμότητα των θαλάσσιων απορριμμάτων είναι μέσω της διεξαγωγής υποβρύχιων οπτικών ερευνών. Η κολύμβηση με αναπνευστήρα έχει εφαρμοστεί επίσης σε πολύ αβαθή ύδατα (συνήθως βάθος <10 μ.). Οι δύτες κρατάνε στα χέρια τους κατάλληλα προστατευόμενες βιντεοκάμερες με σκοπό την καλύτερη απεικόνιση της συγκέντρωσης των απορριμμάτων, την κατηγοριοποίηση αλλά και ποσοτικοποίηση των πλαστικών αντικειμένων που ανιχνεύονται σε εκείνη την περιοχή (Galgani et al., 2011), (Plepiene et al., 2018). Αυτή η τεχνική για την ιχνηλασιμότητα απορριμμάτων θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιοχές με θολά ύδατα και εκεί όπου υπάρχει πολυπλοκότητα στη γεωμορφολογία του πυθμένα της θάλασσας (π.χ. βραχώδεις ύφαλοι, θαλάσσια φύκια). Επίσης, η κατάδυση θεωρείται καταλληλότερη στην περίπτωση που εντοπίζονται μεγαλύτερες μορφές θαλάσσιων απορριμμάτων (δίχτυα/εξοπλισμός ψαρέματος) και σε μικρότερες συγκεντρώσεις κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (Galgani et al., 2011), (Plepiene et al., 2018), (Katsanevakis et al., 2007).



Σχήμα 24: Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας σε ρηλά ύδατα (έως 40m) μπορεί να γίνει με δύτες και την χρήση υποβρύχιας βιντεοκάμερας (Katsanevakis et al., 2007)

Επίσης πέρα από την ιχνηλασιμότητα, οι δύτες μπορούν να προβούν και σε εργασίες καθαρισμού της περιοχής. Αυτή η μέθοδος ιχνηλασιμότητας απορριμμάτων αξιοποιείται ήδη σε όλες τις χώρες της Μεσογείου και στη Βαλτική Θάλασσα. Σύμφωνα με το πρόγραμμα AWARE, εθελοντές δύτες 1 φορά ανά μήνα ή το δίμηνο καταδύονται τακτικά στην ίδια περιοχή. Αυτό το πρόγραμμα δίνει οδηγίες στους δύτες πώς να αναφέρουν αλλά και να συγκεντρώσουν πλαστικά απορρίμματα ταξινομώντας τα σε 43 διαφορετικές κατηγορίες εάν τα εντοπίσουν κάτω από την επιφάνεια του νερού (Galvani et al., 2011), (Plepiene et al., 2018).

B) Χρήση ρυμουλκούμενης κάμερας (Towed Video)

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η κατάδυση μπορεί να είναι δύσκολη ή αδύνατη, εξαιτίας παραγόντων όπως είναι: i) Η διαρκής κυκλοφορία πλοίων, ii) Η θερμοκρασία κρύου νερού, iii) Υπάρχουν αυστηροί κανονισμοί, οι οποίοι δεν επιτρέπουν τις καταδύσεις, iv) Υπάρχει έλλειψη προσωπικού κατάδυσης με τις κατάλληλες επιστημονικές/τεχνικές προδιαγραφές (Galvani et al., 2011), (Plepiene et al., 2018).

Η χρήση ρυμουλκούμενης κάμερας (Towed Video) μπορεί να αποτελέσει κατάλληλη εναλλακτική λύση και αξιοποιείται για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε βάθη μεταξύ 40m-800m σε θάλασσες με λεπτούς/σκληρούς (αμμώδεις ή βραχώδεις) πυθμένες. Με την τεχνική της ρυμουλκούμενης βιντεοκάμερας μπορεί να γίνει καταγραφή των απορριμμάτων σε βίντεο. Η επεξεργασία του βίντεο γίνεται αργότερα και μέσω αυτής μπορεί να πραγματοποιηθεί ταξινόμηση των ανιχνεύσιμων πλαστικών απορριμμάτων αλλά και στατιστική ανάλυση των ποσοτήτων των αποβλήτων που βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας. Τα πλαστικά απορρίμματα που ανιχνεύονται ποσοτικοποιούνται με βάση αριθμό αντικειμένων ανά km² ή αριθμό αντικειμένων ανά εκτάριο (Fagris et al), (Galvani et al., 2011), (Plepiene et al., 2018). Η χρήση ρυμουλκούμενης βιντεοκάμερας θεωρείται γενικά μια απλή και φθηνή τεχνική και συνιστάται για έρευνες σχετικά με θαλάσσια απορρίμματα σε ρηλά νερά. Ο

εξοπλισμός που χρησιμοποιείται αποτελείται από μια χαλύβδινη ή αλουμινένια εξέδρα πάνω στον οποίο μπορεί να τοποθετηθεί μια κοινή βιντεοκάμερα (Galgani et al., 2011), (Plepiene et al., 2018). Στο Σχήμα 26, απεικονίζεται μια τέτοια ρυμουλκούμενη βιντεοκάμερα:



Σχήμα 25: Η χρήση ρυμουλκούμενης βιντεοκάμερας συνίσταται για ιχνηλασιμότητα θαλάσσιων απορριμμάτων που βρίσκονται σε ρηχά επιφανειακά ύδατα (Lazo)

Σε θολά ύδατα, τέτοιες κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπου 20m βάθος χωρίς πρόσθετη πηγή φωτός. Η συνολική περιοχή που παρακολουθείται κατά τη διάρκεια μιας εργάσιμης ημέρας με αξιοποίηση 1-2 ατόμων (συμπεριλαμβάνεται μεταφορά με το πλοίο και ανάλυση) είναι περίπου 2900 m²/ημέρα (Plepiene et al., 2018).

Προφανώς, μια τέτοια υποβρύχια βιντεοκάμερα πρέπει να αντιστέκεται στο νερό και την πίεση. Συνήθως αυτή η λειτουργία επιτυγχάνεται τοποθετώντας την κάμερα σε ένα υποβρύχιο περίβλημα. Το περίβλημα είναι βασικά ένας συλλέκτης (κοντέινερ). Σκοπός αυτού του κοντέινερ είναι να προστατεύει και να υποστηρίζει τα εξαρτήματα της βιντεοκάμερας. Καθώς η κάμερα (ειδικά αν είναι τύπου βιντεοκάμερας με εσωτερικό μαγνητόφωνο) είναι εύθραυστη, είναι απαραίτητο το εξωτερικό περίβλημα να είναι ανθεκτικό στην πίεση του νερού. Για μικρά βάθη (<50m) το περίβλημα αυτό είναι από πλαστικό ή αλουμίνιο ενώ σε μεγαλύτερα βάθη το περίβλημα αυτό μπορεί να είναι από τιτάνιο καθώς και από άλλα υλικά με υψηλή αντοχή (Coastalwiki).

Γενικά, πλεονεκτήματα με χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι τα εξής: i) Ο εξοπλισμός είναι φθηνός (<1000 Ευρώ), ii) Το σύστημα δεν απαιτεί υψηλές τεχνικές προδιαγραφές. Iii) Η μέθοδος είναι γρήγορη και απαιτεί μόνο 1-2 πρόσωπα, iv) Αποτελεί μια βιώσιμη λύση εάν οι νομικές απαιτήσεις ή συνθήκες περιορίσουν τις καταδύσεις. Μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι χρειάζεται σκάφος για την αξιοποίηση της τεχνικής. Επίσης, η χρήση ρυμουλκούμενης κάμερας εξαρτάται από μετεωρολογικούς παράγοντες και θεωρείται λιγότερο κατάλληλη για θαλάσσια οικοσυστήματα με πυκνή βλάστηση (Plepiene et al., 2018).

Η τεχνική αυτή αξιοποιείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα στη Μεσόγειο Θάλασσα (πρόγραμμα MEDITS), για τη Βαλτική Θάλασσα (πρόγραμμα IBTS) και για τη Βόρεια Θάλασσα (πρόγραμμα BTS). Στην Ελλάδα, τέτοιες έρευνες έγιναν το 2013 στην υποθαλάσσια περιοχή έξω από τη Σύρο σύμφωνα με το project LIFE DEBAG. Η περιοχή που καλύφθηκε ήταν μεγέθους 405 εκτάρια, ενώ ελήφθησαν 36h υποβρύχιου βίντεο. Από τις έρευνες διαπιστώθηκε ότι τα πλαστικά μπουκάλια αποτέλεσαν το 22.6% των απορριμμάτων που βρέθηκαν ενώ οι πλαστικές

σακούλες αποτέλεσαν το 7.8%. Επίσης, αποτέλεσμα της έρευνας ήταν ότι ο αριθμός των πλαστικών σακουλών ήταν μεγαλύτερος κατά 3 φορές από αυτές που βρέθηκαν στις παραλίες και των πλαστικών μπουκαλιών ήταν κατά 20 φορές μεγαλύτερος. Με τη μέθοδο της ρυμουλκούμενης κάμερας, έγινε επίσης προσδιορισμός της πυκνότητας του αριθμού των απορριμμάτων που βρέθηκαν ανά εκτάριο (Fagris et al., 2019).

Γ) Χρήση κατευθυνόμενων υποβρύχιων οχημάτων (Remotely Operated Vehicles, ROVs)

Οι εκτιμήσεις σε μεγάλη κλίμακα των θαλάσσιων απορριμμάτων στα βάθη της θάλασσας είναι ελάχιστες εξαιτίας έλλειψης διαθέσιμων πηγών να συγκεντρώσουν δεδομένα. Η χρήση των κατευθυνόμενων υποβρύχιων οχημάτων (ROVs) αποτελεί μια απλή και φθηνή λύση για την ιχνηλασιμότητα απορριμμάτων σε περιοχές με βάθη από 200-2.500m. Τα κατευθυνόμενα υποβρύχια οχήματα θεωρούνται πολύ εξελιγμένα ρομποτικά υποβρύχια, τα οποία διαθέτουν μία ή και περισσότερες βιντεοκάμερες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξερευνήσουν τα βάθη των θαλασσών. Επίσης, μπορούν να διαθέτουν και σόναρ για την ανίχνευση ενός πλαστικού αντικειμένου στο βυθό της θάλασσας. Κατευθύνονται δε από κάποιον που βρίσκεται σε σκάφος στην επιφάνεια του νερού (Galvani et al., 2011), (Plepiene et al., 2018), (Fulton et al., 2018).



Σχήμα 26: Αυτόνομα υποβρύχια ρομπότ χρησιμοποιούνται για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε βαθιές θάλασσες (Ecagroup)

Κατά μέσο όρο, οι καταδύσεις συνήθως διαρκούν περίπου 8h. Για βαθιές θάλασσες, η συλλογή δεδομένων γίνεται εξετάζοντας και μετρώντας μόνο μεγέθη απορριμμάτων μεγαλύτερα από 2.5 cm, κατά μήκος υποβρύχιων διαδρομών ROVs τουλάχιστον 0.5 km (Galvani et al., 2011).



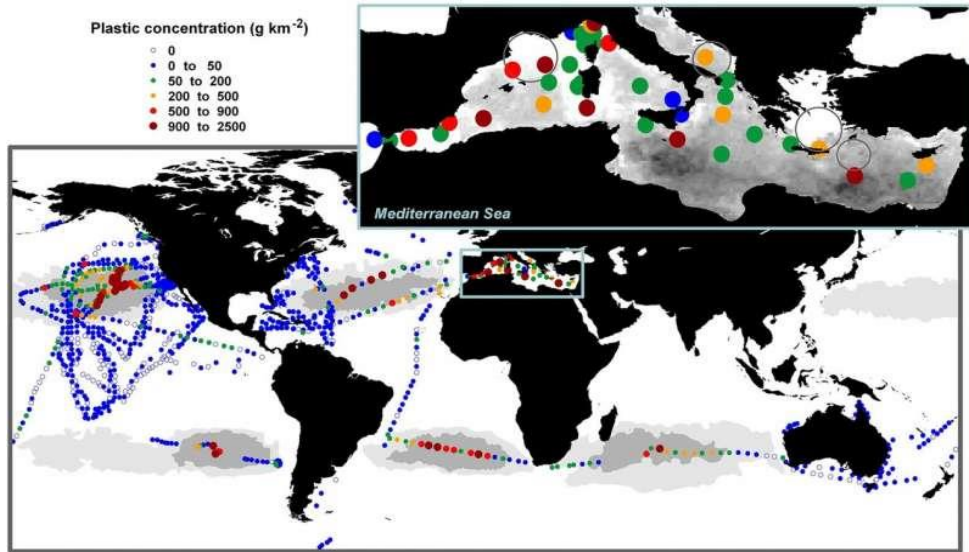
Σχήμα 27: Φωτογραφία πλαστικού μπουκαλιού στο βυθό της θάλασσας έξω από τον Κόλπο των Νησιών Barbados μετά την κατάδυση κατευθυνόμενου υποβρύχιου οχήματος ROV (Fulton et al., 2018)

Η χρήση τέτοιων υποβρυχίων ενδείκνυται για θάλασσες με βραχώδεις πυθμένες ενώ έχει διαπιστωθεί επίσης ότι μεγάλες συγκεντρώσεις πλαστικών απορριμμάτων βρίσκονται σε βυθό της θάλασσας που είναι κοντά σε πόλεις (ως και 112 αντικείμενα ανά km^2 με το 70% να είναι πλαστικά). Για αυτόν το λόγο, προτεραιότητα δίνεται σε τέτοιες υποθαλάσσιες περιοχές παρά σε αυτές που βρίσκονται σε ανοικτές θάλασσες (για παράδειγμα, Ατλαντικός ωκεανός). Η τεχνική αυτή έχει εφαρμοστεί σε υποθαλάσσιες περιοχές σε χώρες της Μεσογείου (π.χ. Ισπανία, Πορτογαλία) και στην Αγγλία. Τα αυτόνομα υποβρύχια ρομπότ δύναται να έχουν και βραχίονες για συλλογή απορριμμάτων και καθαρισμό της περιοχής (Galvani et al., 2011), (Fulton et al., 2018).

4.2.2 Ίχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων με τη χρήση δορυφόρων

Σήμερα χρησιμοποιούνται οπτικές μέθοδοι ανίχνευσης θαλάσσιων απορριμμάτων) με ανάπτυξη δορυφόρων για την παρακολούθηση των θαλάσσιων απορριμμάτων σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτή η μέθοδος θα μπορούσε να δώσει στους ερευνητές που ασχολούνται με την πλαστική ρύπανση στοιχεία σχετικά με τη θέση, τις συγκεντρώσεις και την κυκλοφορία τους. Έτσι, η δορυφορική παρακολούθηση θα μπορούσε να καταστεί χρήσιμη στην προσπάθεια να καταπολεμηθεί ένα τεράστιο και αυξανόμενο πρόβλημα που δημιούργησε περιοχές με μεγάλες συγκεντρώσεις πλαστικών απορριμμάτων στους ωκεανούς (όπως π.χ. στη Βόρεια δίνη του Ειρηνικού Ωκεανού) (ESA, 2018), (Berger, 2018).

Τα δεδομένα που απεικονίζει ο δορυφόρος θα μπορούσαν σύμφωνα με τους επιστήμονες να παράγουν έναν χάρτη των παγκόσμιων συγκεντρώσεων των πλαστικών αποβλήτων σε θαλάσσιο περιβάλλον (ESA, 2018), (Berger, 2018).



Σχήμα 28: Διαφορετικές συγκεντρώσεις πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες μετά από δεδομένα παρακολούθησης από δορυφόρους (ESA, 2018)

Επίσης, τα λαμβανόμενα στοιχεία μπορούν να αποτελέσουν μια λύση ώστε να επικυρωθούν τα τρέχοντα μοντέλα και να αυξηθεί η βεβαιότητα αναφορικά με τον τρόπο με τον οποίο συσσωρεύεται και κινείται η ρύπανση από τα πλαστικά στους ωκεανούς καθώς και να ερμηνευθεί η προέλευσή της. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει σε πιο στοχευμένες ενέργειες για την καταπολέμησή της μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος (ESA, 2018).

Ένα συγκεκριμένο project με τη χρήση δορυφόρων για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών αποβλήτων στη θάλασσα ονομάζεται *OptiMAL* και επικεντρώνεται στην ανίχνευση μικροπλαστικών επάνω ή πλησίον της επιφάνειας του ωκεανού καθώς και μεγαλύτερων πλαστικών κατά μήκος των ακτών. Μέχρι στιγμής οι ερευνητές χρησιμοποίησαν εικόνες από το δορυφόρο Sentinel-3 και τις έλεγξαν μετά από έρευνες εδάφους και αεροφωτογραφίες (Berger, 2018).

Η αναγνώριση των θαλάσσιων πλαστικών αποβλήτων από τους δορυφόρους, γίνεται μέσω εκμετάλλευσης των ιδιοτήτων οπτικής ανάκλασης στο φάσμα ορατού και υπέρυθρου φωτός. Με άλλα λόγια, τα πλαστικά απόβλητα μπορούν να αναγνωριστούν στον ωκεανό από τον τρόπο που τα πλωτά συντρίμια αντανακλούν διαφορετικά μήκη κύματος του ηλιακού φωτός. Πιο συγκεκριμένα, με το project OptiMAL δεν γίνεται ακριβώς η ανίχνευση επιπλεόντων πλαστικών αποβλήτων αλλά ο εντοπισμός μιας ξεχωριστής ανίχνευσης ίχνους φάσματος πλαστικού που συλλέγεται από δορυφορική τροχιά, με τον ίδιο τρόπο που οι δορυφόροι μπορούν σήμερα να ανιχνεύσουν συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτόν, αιωρούμενα ιζήματα και ρύπανση στο νερό (ESA, 2018), (Berger, 2018). Για το σκοπό αυτό οι δορυφόροι είναι εφοδιασμένοι με ειδικά όργανα ανίχνευσης της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Στην περίπτωση του δορυφόρου Sentinel-3, εγκαταστάθηκε ο ανιχνευτής OLCI, ο οποίος μπορούσε να ανιχνεύσει την υπέρυθρη ακτινοβολία σε μήκη κύματος 900nm και 1020nm. Πέρα από το συγκεκριμένο δορυφόρο, αξιοποιήθηκαν για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων και άλλοι δορυφόροι, όπως

ο Sentinel-2 καθώς και ο Landsat-8 με ενσωματωμένους ο καθένας από αυτούς τον ανιχνευτή MSI και τον ανιχνευτή OLI αντιστοίχως με δυνατότητα ανίχνευσης υπέρυθρης ακτινοβολίας σε μήκη κύματος 1373nm, 1613nm και 2202nm. Διαπιστώθηκε ότι τα φασματικά ίχνη των πλαστικών απορριμμάτων ανιχνεύονται σε μήκη κύματος απορρόφησης των 1250nm και 1700nm. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι με τη χρήση κατάλληλων ανιχνευτών στους δορυφόρους, φασματικά ίχνη εντοπίζονται όχι μόνο για τα πλαστικά απορρίμματα που επέπλεαν στην επιφάνεια της θάλασσας αλλά και για αυτά που ήταν βυθισμένα κάτω από την επιφάνεια του νερού (Martinez et al., 2017). Τέτοια όργανα εγκαταστάθηκαν όχι μόνο σε δορυφόρους αλλά ακόμη και σε πλοία ή αεροπλάνα. Σε αυτά τα όργανα συμπεριλαμβάνονται και ανιχνευτές της εκπομπής φθορισμού στην περιοχή του ορατού φάσματος του φωτός καθώς και ανιχνευτές της ακτινοβολίας Raman ιδιαίτερα για τα μικροπλαστικά σωματίδια (Maximenko et al., 2017).

Ειδικότερα, το πλαστικό έχει ειδικά υπέρυθρα αποτυπώματα που χρησιμοποιούνται μερικές φορές στη βιομηχανία ανακύκλωσης για να γίνει η ταξινόμηση πλαστικών αποβλήτων από άλλα απορρίμματα πάνω σε μεταφορικό μάντα (Berger, 2018).

Project TOPIOS

Ένα δεύτερο ερευνητικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την ιχνηλασιμότητα των πλαστικών αποβλήτων στις θάλασσες είναι μέσω του προγράμματος TOPIOS. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί ένα 3D-μοντέλο για το πώς όλα τα πλαστικά μετακινούνται στον ωκεανό. Σε αντίθεση με το απλό 2D-περιβάλλον, το οποίο προβλέπει την κίνηση πλαστικών απορριμμάτων και το οποίο μπορεί να τρέξει σε ένα φορητό υπολογιστή (laptop), ο 3D- χάρτης καλύπτει τον αριθμό όλων των πλαστικών αποβλήτων στον ωκεανό, συνδυάζοντας ένα μοντέλο κυκλοφορίας με διάφορες παρατηρήσεις με το που υπάρχουν πλαστικά απόβλητα σε όλους τους ωκεανούς.

Τρεις δεκαετίες πριν, οι επιστήμονες δημιούργησαν μια εικονική υπολογιστική προσομοίωση για το πώς μεταφέρονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον άνεμο. Με το project TOPIOS, γίνεται ακριβώς το ίδιο αλλά αυτήν τη φορά με το πώς μεταφέρονται τα πλαστικά απόβλητα στους ωκεανούς. Για την επιτέλεση του προγράμματος χρησιμοποιούνται οι μεγαλύτεροι σούπερ υπολογιστές και οι διαστημικοί δορυφόροι της Ολλανδίας για να προσομοιωθεί πόσο γρήγορα διασπώνται τα πλαστικά και πόσο γρήγορα βυθίζονται στη θάλασσα (Van Sebille et al., 2019).

Άλλωστε, μόνο με ένα μοντέλο πλήρους κλίμακας, το οποίο θα μπορούσε να δώσει μια εκτίμηση του τρόπου με τον οποίο το πλαστικό κινείται γύρω από τους ωκεανούς, θα μπορούσε να είναι δυνατή η απάντηση στην ερώτηση που βρίσκονται όλα τα θαλάσσια πλαστικά απορρίμματα.

Τα αποτελέσματά του project TOPIOS θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε μια πολύ μεγαλύτερη και ευρεία εκτίμηση που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν από τους φορείς που χαράσσουν πολιτικές σε τακτική βάση και σε παγκόσμια κλίμακα, προκειμένου να μετρηθούν οι τάσεις και να αξιολογηθούν πόσο αποτελεσματικές είναι οι λύσεις. Οι επιστήμονες μπορούν

έτσι να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο για την ευαισθητοποίηση όλων των ενδιαφερομένων και για την κινητοποίηση της δημόσιας υποστήριξης, η οποία απαιτείται για την αύξηση των επενδύσεων και την παρακίνηση ενεργειών που μπορούν να συντελέσουν στην καταπολέμηση του αυξανόμενου προβλήματος και στην αντιμετώπιση των πλαστικών αποβλήτων στους ωκεανούς (Van Sebille et al., 2019).

4.2.3 Επίδραση των καιρικών δεδομένων στη μεταφορά/διασπορά πλαστικού

Οι μετεωρολογικοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο σε ότι αφορά τη μεταφορά των πλαστικών απορριμμάτων σε ακτές και θάλασσα. Οι βροχοπτώσεις αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα για τη μεταφορά των πλαστικών απορριμμάτων από τις χερσαίες πηγές στη θάλασσα. Η μεταφορά των απορριμμάτων εξαρτάται από την ένταση της βροχόπτωσης. Για παράδειγμα, σε περίπτωση καταιγίδας, η μεταφορά των πλαστικών απορριμμάτων θα είναι γρηγορότερη και μεγαλύτερη (Balasubramanian, 2017), (UCGS), (Zhang et al., 2017). Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται με τη χρήση δορυφόρου με έντονο πράσινο χρώμα η θαλάσσια μόλυνση από απορρίμματα γύρω από τις ακτές του κόλπου της Φλόριντα, μετά τον τυφώνα Katrina στις 14.10.1999 (UCGS).



Εικόνα 29: Φωτογραφία μέσω δορυφόρου όπου απεικονίζεται η θαλάσσια μόλυνση από απορρίμματα που μεταφέρθηκαν στη θάλασσα (πράσινο ιριδίζον χρώμα) μετά τον τυφώνα Katrina στις 14.10.1999 (UCGS)

Παράλληλα, περισσότερες βροχοπτώσεις με μεγαλύτερη διάρκεια σημαίνουν ταυτόχρονα εντονότερη μεταφορά πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα. Αντίθετα, εάν η ένταση της βροχόπτωσης είναι πολύ μικρότερη και η βροχή είναι υπό τη μορφή μικρών σταγόνων, τότε μεγάλο μέρος του νερού θα εξατμιστεί και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη μεταφορά απορριμμάτων σε θαλάσσιο περιβάλλον. Με άλλα λόγια η μεταφορά των απορριμμάτων

εξαρτάται από τον τύπο της καταιγίδας. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση της βροχής πρέπει να συνυπολογιστούν και άλλα χαρακτηριστικά, όπως είναι η κλίση της επιφάνειας του εδάφους πάνω στο οποίο θα προσπίπτουν οι βροχοπτώσεις. Εάν το έδαφος χαρακτηρίζεται από απότομη κλίση, η ροή του νερού της βροχής θα είναι γρήγορη, θα υπάρχει μικρότερη εξάτμιση και απορρόφηση από το έδαφος, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη μεταφορά απορριμμάτων. Επίσης, ρόλο παίζει και ο τύπος του εδάφους. Αν το έδαφος είναι πορώδες, τότε μέρος από το νερό της βροχής συγκρατείται από τους πόρους του και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους της πλημμύρας και συνεπώς και της ενδεχόμενης μεταφοράς συμπαρασυρόμενων απορριμμάτων. Αντίθετα, εάν η επιφάνεια είναι βραχώδης, τότε η απορρόφηση του νερού της βροχής θα είναι μηδενική, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη μεταφορά απορριμμάτων. Μεγάλη σημασία στη διασπορά και μεταφορά των πλαστικών απορριμμάτων παίζει και η ύπαρξη βλάστησης στα σημεία εναπόθεσής των. Και αυτό γιατί η βλάστηση μπορεί να λειτουργήσει ως φυσικό εμπόδιο στη μεταφορά των απορριμμάτων σε περίπτωση που συμπαρασύρονται αυτά με τη βροχή. Ακόμη και ο τύπος της βλάστησης (για παράδειγμα, δενδρώδης ή θαμνώδης) θα πρέπει να συνυπολογίζεται στο τελικό αποτέλεσμα (Balasubramanian, 2017), (UCGS), (Zhang et al., 2017).

Στο παρακάτω πίνακα περιγράφονται χαρακτηριστικά από 4 διαφορετικά σημεία της πόλης του Πεκίνου μετά από πολύ έντονες βροχοπτώσεις, οι οποίες την έπληξαν στις 20.07.2016 για μια συνολική περίοδο 38.5h με συνολικό ύψος βροχοπτώσεων 395.1mm (Zhang et al., 2017).

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά από 4 διαφορετικά σημεία της πόλης του Πεκίνου για προσδιορισμό της συμβολής τους σε μεταφορά απορριμμάτων σε υδάτινους πόρους (Zhang et al., 2017)

Σημείο	Υψόμετρο (m)	Κλίση εδάφους (m)	Τύπος βλάστησης	Μέγεθος απορριμμάτων (cm)
1	145	20	Platycladus Orientalis	3.8
2	155	25	Pinus Tabulaeformis	4.1
3	155	30	Θαμνώδης	2.3
4	450	20	Pinus Tabulaeformis	4.5

Διαπιστώθηκε μετά από πειράματα ότι η μεγαλύτερη μεταφορά απορριμμάτων λαμβάνει χώρα από σημεία που βρίσκονται σε μικρότερο υψόμετρο, με μικρότερη κλίση του εδάφους και με σχετικά μεγάλο μέγεθος συμπαρασυρόμενων απορριμμάτων. Το αντίθετο συμβαίνει για το σημείο που βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο και με μεγαλύτερη κλίση. Αυτό συμβαίνει καθώς μεγαλύτερες ποσότητες νερού μαζεύονται σε χαμηλότερα σημεία και συμπαρασύρουν τα απορρίμματα (Zhang et al., 2017).

Παράλληλα και άλλα καιρικά δεδομένα, όπως η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα και η υγρασία του εδάφους παίζουν σημαντικό ρόλο. Για παράδειγμα, εάν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και η υγρασία εδάφους είναι υψηλή, τότε αυτό έχει ως αποτέλεσμα να το έδαφος να μην έχει απορροφητικότητα και σε περίπτωση βροχής η μεταφορά απορριμμάτων να γίνεται

μεγαλύτερη. Ταυτόχρονα, εάν η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα είναι υψηλή και η υγρασία στο έδαφος χαμηλή, τότε συντελείται με τη βροχή μικρότερη μεταφορά πλαστικών απορριμμάτων (Balasubramanian, 2017), (UCGS), (Zhang et al., 2017).

Σημαντικό ρόλο παίζει δε και η ταχύτητα του ανέμου. Σε υψηλές ταχύτητες ανέμου, τα πλαστικά απορρίμματα μπορούν να μεταφερθούν μακριά από τα σημεία εναπόθεσής των και έτσι να καταλήξουν ευκολότερα και γρηγορότερα στη θάλασσα. Καθοριστικής σημασίας παράγοντας θεωρείται και η διεύθυνση του ανέμου καθώς εάν είναι αυτή προς τους υδάτινους πόρους (θάλασσες, ποτάμια, λίμνες κ.α.), τότε υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να μεταφερθούν πλαστικά απορρίμματα προς εκείνη την κατεύθυνση (Balasubramanian, 2017), (UCGS), (Zhang et al., 2017).

Συνοψίζοντας, μετεωρολογικά δεδομένα όπως: i) Η ποσότητα της βροχόπτωσης, ii) Η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα, iii) Η υγρασία και η σύσταση του εδάφους, iv) Η διεύθυνση/ταχύτητα του ανέμου. Θα πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη για την τελική τους επίδραση στη μεταφορά των απορριμμάτων σε συνδυασμό με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Για παράδειγμα περιοχές με μεγάλη κλίση του εδάφους, μικρή βλάστηση και ανοιχτό πεδίο προς τη θάλασσα ή ποταμούς, είναι πιο επιρρεπής στις βροχοπτώσεις και ανέμους, και κατά συνέπεια στη συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων πλαστικών απορριμμάτων. Ενδιαφέρον έχει επίσης και η στατιστική κατανομή των μεγεθών και των ειδών πλαστικών απορριμμάτων που μπορούν να μεταφέρουν οι βροχές και ο άνεμος ανάλογα με την έντασή τους.

Τέλος, η άντληση μετεωρολογικών δεδομένων για τη λήψη σχετικών αποφάσεων δεν είναι εύκολη υπόθεση. Όσον αφορά τον άνεμο το site της EMY παρέχει μετρήσεις ανά 6ωρο στο διάστημα 1975-2004 για 21 μετεωρολογικούς σταθμούς, μεταξύ των οποίων είναι 10 νησιά (Ζάκυνθος, Κέρκυρα, Κύθηρα, Λήμνος, Μήλος, Μυτιλήνη, Νάξος Ρόδος, Σάμος, Σκύρος). Τα δεδομένα είναι σε μορφή Excel και περιλαμβάνουν την κατεύθυνση του ανέμου (Wind direction) αλλά και την ένταση του ανέμου, μετρούμενη σε κόμβους (Wind force knot) (EMY). Όσον αφορά το ύψος κυμάτων, τη θαλάσσια στάθμη, τη χιονόπτωση και τη βροχόπτωση παρέχοντα ελεύθερα από το «Σύστημα Ποσειδών: Ελληνικό κέντρο θαλάσσιων ερευνών-Σύστημα Παρακολούθησης, πρόγνωσης και πληροφόρησης για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών» σε μορφή χρονολογικής σειράς από τη βάση δεδομένων τους- (Σύστημα Ποσειδών). -Εναλλακτικά, το Ελληνικό Εθνικό Κέντρο Ωκεανογραφικών Δεδομένων, το οποίο συνεργάζεται με το «Ποσειδών», παρέχει τη δυνατότητα συμπλήρωσης φόρμας με τα απαιτούμενα στοιχεία για συγκεκριμένο εύρος συντεταγμένων και χρονική περίοδο (Ελληνικό Εθνικό Κέντρο Ωκεανογραφικών Δεδομένων).

5. Ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων με τη χρήση Τεχνολογιών ΙοΤ σε ακτές/θάλασσες

5.1 ΙοΤ σύστημα-Αρχιτεκτονική/Εφαρμογές

Στις τελευταίες δύο δεκαετίες, η παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή. Έχει γίνει επένδυση σε μεγάλο βαθμό πάνω στην έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών από κυβερνήσεις και ερευνητικούς οργανισμούς πάνω σε αυτόν τον τομέα. Οι προηγμένες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών έχουν εφαρμοστεί στην ανάπτυξη διαφόρων τεχνολογιών και συστημάτων παρακολούθησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Το ΙοΤ (Internet of Things) θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε αυτόν τον τομέα και θα μπορούσε να συντελέσει και στην ιχνηλασιμότητα των απορριμμάτων στη θάλασσα. Το ΙοΤ είναι μια υποδομή παγκόσμιου δικτύου δυναμικής μορφής με δυνατότητες αυτοδιαχείρισης που στηρίζονται πάνω σε τυποποιημένα και διαλειτουργικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και χαρακτηρίζεται από στοιχεία όπως: πανταχού παρούσα αίσθηση, αξιόπιστη συνδεσιμότητα, βελτιωμένη συνειδητοποίηση της κατάστασης, αναλύσεις αποφάσεων βάσει δεδομένων και αυτοματοποιημένη απάντηση χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Όλα τα επεξεργασμένα δεδομένα ενσωματώνονται άψογα στο δίκτυο πληροφοριών (Van Kranenburg, 2008).

Το ΙοΤ έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ως ένα πολλά υποσχόμενο πρότυπο αφού έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί εξ αποστάσεως και να διαχειρίζεται αντικείμενα. Αυτό οδηγεί στην προώθηση της μεταφοράς, της απομακρυσμένης υγειονομικής περίθαλψης, της δημόσιας ασφάλειας, της ενεργειακής διαχείρισης, της αστυνόμευσης, της διαχείρισης λιανικής, του οικιακού και βιομηχανικού αυτοματισμού, της παρακολούθησης της άγριας πανίδας, της διαχείρισης του στόλου των πλοίων, της αλυσίδας των logistics και πολλών άλλων. Το ΙοΤ θα μπορούσε να μεταμορφώσει την κοινωνία και τη βιομηχανία μας και φαίνεται ότι το ΙοΤ θα αποτελέσει τον κύριο παράγοντα για την επόμενη βιομηχανική επανάσταση όπου ο αυτοματισμός είναι ο κύριος στόχος (Frost & Sullivan), (Yang et al., 2018).

Το ΙοΤ είναι κατάλληλο για πολλές κρίσιμες εφαρμογές (όπως Διαχείριση Καταστροφών, Επιχειρήσεις Διάσωσης και Στρατιωτικές Εφαρμογές), επειδή μπορεί να αναπτυχθεί σε χώρους όπου η ανθρώπινη παρουσία δεν είναι δυνατή λόγω των κινδύνων για την ανθρώπινη ζωή. Τότε, η συλλογή πληροφοριών μπορεί να γίνει μέσω αισθητήρων και μπορεί να σταλεί απευθείας στους κόμβους επεξεργασίας. Το ΙοΤ εξαπλώνει τη συνδεσιμότητα πέρα από τους ανθρώπους και περιλαμβάνει δισεκατομμύρια μηχανές, συσκευές και αισθητήρες (Javali et al., 2015).

Το ΙοΤ έχει την δυνατότητα της αντίληψης, της σκέψης και μπορεί να ελέγχει τον κόσμο συλλέγοντας, επεξεργάζοντας και αναλύοντας τα δεδομένα. Μια αρχιτεκτονική συστήματος 5 επιπέδων προτάθηκε για το σύστημα παρακολούθησης και προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος που βασίζεται στο ΙοΤ: I) Επίπεδο αντίληψης και εκτέλεσης, II) Επίπεδο

μετάδοσης, III) Επίπεδο επεξεργασίας δεδομένων, IV) Επίπεδο εφαρμογής και V) Επιχειρηματικό Επίπεδο (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010).

Παρακάτω περιγράφονται τα 5 επίπεδα αρχιτεκτονικής του IoT:

(1) Επίπεδο αντίληψης και εκτέλεσης (Perception and Execution Layer): Το επίπεδο αντίληψης και εκτέλεσης είναι το χαμηλότερο αρχιτεκτονικό επίπεδο του IoT. Περιλαμβάνει συσκευές αισθητήρων και ενεργοποιητών με σκοπό να συλλέγονται δεδομένα από τους αισθητήρες και να εκτελούνται εντολές (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010).

Είναι γεγονός ότι σε ένα τυπικό σύστημα παρακολούθησης θαλάσσιου περιβάλλοντος βασισμένο σε IoT, διάφοροι αισθητήρες θα μπορούσαν να αναπτυχθούν ώστε να υπολογίζουν και να παρακολουθούν διάφορες φυσικές και χημικές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία και η πίεση του νερού, η διεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου, η αλατότητα, η θολότητα, το pH, η πυκνότητα οξυγόνου και τα επίπεδα χλωροφύλλης (Xu et al., 2014). Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την ανταπόκριση στις αλλαγές στα περιβάλλοντα με την παραγωγή ηλεκτρικών σημάτων υπό μορφή ηλεκτρικής τάσης, ρεύματος ή συχνότητας (Porter et al., 2005).

Υπάρχουν συνήθως δύο είδη αισθητήρων: Φυσικοί αισθητήρες και χημικοί αισθητήρες. Οι φυσικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση διαφορετικών φυσικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η πίεση, η ταχύτητα του ανέμου και η κατεύθυνση του ανέμου.

Οι χημικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται δε για τη μέτρηση διαφόρων χημικών παραμέτρων όπως η αλατότητα, η θολότητα, το PH, το νιτρικό άλας, τη χλωροφύλλη και το διαλυμένο οξυγόνο (DO). Οι αποφάσεις για την επιλογή των αισθητήρων γίνονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που αφορούν την περιοχή ανάπτυξης και την εποχή, το εύρος μέτρησης, την ακρίβεια, την ανάλυση και την κατανάλωση ενέργειας (Xu et al., 2014).

Σε συστήματα παρακολούθησης και προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος που βασίζονται στο IoT, αυτό το επίπεδο μπορεί επίσης να περιλαμβάνει αισθητήρες GPS, πέραν των κανονικών αισθητήρων για την περιγραφή της κατάστασης της ποιότητας των υδάτων και τη διαρκή της παρακολούθηση.

Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε επίσης να ελέγξει ορισμένα αντικείμενα, συσκευές ή εξοπλισμό εντός του θαλάσσιου περιβάλλοντος που παρακολουθείται, προκειμένου να προσαρμόσει ορισμένες φυσικές και χημικές παραμέτρους ώστε να βελτιωθεί το θαλάσσιο περιβάλλον (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010).

(2) Επίπεδο μετάδοσης δεδομένων (Data Transmission Layer): Η κύρια λειτουργία του επιπέδου της μετάδοσης δεδομένων είναι η μετάδοση διαφόρων δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες. Αυτή η μετάδοση δεδομένων γίνεται μέσω δικτύων επικοινωνίας, κυρίως δικτύων κινητής ή ασύρματης επικοινωνίας αλλά και δορυφόρων (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010), (Javali et al., 2015).

Το (IoT) έχει εξελιχθεί από ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών (WSNs). Ένα τέτοιο δίκτυο (WSN) διαδραματίζει βασικό ρόλο στο Διαδίκτυο. Αποτελείται από μεγάλο αριθμό κατανεμημένων αισθητήρων διασυνδεδεμένων μέσω ασύρματων ζεύξεων για λόγους φυσικής και περιβαλλοντικής παρακολούθησης. Κατά τις τελευταίες 2 δεκαετίες, τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών (WSNs), ως υποσύνολο του IoT, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε μια ποικιλία έξυπνων εφαρμογών και υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των: έξυπνο σπίτι (smart home), έξυπνες συγκοινωνίες (smart transportation), έξυπνος βιομηχανικός αυτοματισμός (smart industrial automation) και έξυπνες πόλεις (smart cities) (Cook, 2013), (Talcott, 2008), (Ungurean et al., 2014), (Dameri & Rosenthal., 2014).

Παρόμοιες τεχνολογίες μπορούν βεβαίως να εφαρμοστούν στην παρακολούθηση και την προστασία των θαλάσσιων περιβαλλόντων. Έχουν προταθεί και αναπτυχθεί διάφορα πρότυπα και τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας, όπως WiFi, ZigBee, Bluetooth, GPRS, GSM και WiMAX. Συνήθως, πολλαπλές τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα παρακολούθησης και προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος που βασίζεται στο IoT (Xu et al., 2014).

Η επιλογή της καταλληλότερης τεχνολογίας ασύρματης επικοινωνίας για μια εφαρμογή εξαρτάται από: i) τον όγκο των μεταδιδόμενων δεδομένων, ii) τη συχνότητα μετάδοσης, iii) την απόσταση μετάδοσης και τη διαθέσιμη παροχή ρεύματος (Xu et al., 2014).

Μια λογική τοποθεσία του ασύρματου δικτύου μπορεί να βελτιώσει αποτελεσματικά την αποτελεσματικότητα των πρωτοκόλλων επικοινωνίας δικτύου και τη συνολική απόδοση του δικτύου. Μια καλή τοποθεσία του δικτύου συμβάλλει στην επέκταση του συνολικού κύκλου ζωής του δικτύου. Η τοποθεσία του δικτύου είναι το κλειδί για τον προσδιορισμό της συνολικής απόδοσης του δικτύου, συμπεριλαμβανομένου του δικτύου κάλυψης και της συνδεσιμότητας του δικτύου. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε μια θέση κάτω από το νερό, τα *δίκτυα υποβρύχιων ασύρματων επικοινωνιών* θα μπορούσαν να εφαρμοστούν καλά στην παρακολούθηση θαλάσσιου περιβάλλοντος που βασίζεται σε IoT (Jiang, 2008), (Zhu et al., 2015).

Σε ότι αφορά τα συστήματα παρακολούθησης και προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος που βασίζονται στο IoT, τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας έχουν διαφορετικές απαιτήσεις από άλλες εφαρμογές τους, για τους εξής λόγους (Xu et al., 2014):

(1) Αξιοπιστία: Οι ταλαντώσεις των ραδιοφωνικών κεραιών και οι κακές καιρικές συνθήκες του ωκεανού μπορούν να προκαλέσουν αστάθεια ραδιοσήματος.

(2) Αποτελεσματικότητα στην κατανάλωση ενέργειας: Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας είναι το κλειδί για την υποστήριξη του μακροπρόθεσμου και μειωμένου κόστους συντήρησης σε αυτόνομο εξοπλισμό με μπαταρία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για συσκευές που αναπτύσσονται σε απομακρυσμένες υπεράκτιες περιοχές, οι οποίες είναι δύσκολες και δαπανηρές για αντικατάσταση.

Συνολικά, τόσο για τους αισθητήρες όσο και για το δίκτυο ασύρματων επικοινωνιών, σε ότι αφορά το σύστημα παρακολούθησης και προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος βασισμένο

στο IoT, θα πρέπει να εξεταστούν ορισμένα κρίσιμα ζητήματα, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων απαιτήσεων που καθορίζονται για τα σκληρά θαλάσσια περιβάλλοντα (Albaladejo et al., 2010):

- *Υψηλή αντοχή στο νερό*: Οι κόμβοι του αισθητήρα και του ενεργοποιητή πρέπει να έχουν πολύ υψηλά επίπεδα αντοχής στο νερό.
- *Ισχυρή αντοχή του εξοπλισμού*: Το υλικό ή ο εξοπλισμός απαιτεί ισχυρότερη αντοχή λόγω του επιθετικού και σύνθετου θαλάσσιου περιβάλλοντος με ρεύματα, κύματα, παλίρροιες, τυφώνες κλπ.
- *Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας*: Πρέπει να εξεταστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας λόγω των μεγάλων αποστάσεων επικοινωνίας και του περιβάλλοντος σε συνεχή κίνηση.
- *Σταθερότητα ραδιοσήματος*: Μπορεί να απαιτούνται ειδικές τεχνικές για τη διασφάλιση της σταθερότητας των ραδιοφωνικών σημάτων, καθώς η ταλάντωση της κεραίας ραδιοφώνου μπορεί να προκαλέσει ασταθή οπτική επαφή μεταξύ πομπών και δεκτών και κακές καιρικές συνθήκες μπορεί επίσης να επηρεάσουν τη σταθερότητα των ραδιοσημάτων.
- *Άλλα θέματα*: Οι συσκευές και οι κόμβοι αισθητήρων πρέπει να είναι ιδιαίτερα αξιόπιστοι λόγω της δυσκολίας εγκατάστασης και συντήρησης, την ανάγκη για διατάξεις σημαντήρα και πρόσδεσης. Η κάλυψη του αισθητήρα πρέπει να υπολογιστεί προσεκτικά ενώ ο όλος εξοπλισμός πρέπει να σχεδιαστεί κατά πιθανών πράξεων βανδαλισμού.

3) Επίπεδο Προεπεξεργασίας Δεδομένων (Data Pre-Processing Layer): Το επίπεδο προεπεξεργασίας δεδομένων αποτελεί το μεσαίο επίπεδο αρχιτεκτονικής του συστήματος IoT, όπου τα ανεπεξέργαστα δεδομένα που λαμβάνονται μπορούν να αποθηκευτούν και να προεπεξεργαστούν χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες προεπεξεργασίας δεδομένων. Το συγκεκριμένο επίπεδο συμβάλλει επίσης στη συγκέντρωση ή στο διαχωρισμό πληροφοριών, στον καθαρισμό των δεδομένων και στον εντοπισμό ή στον έλεγχο, στη διανομή ανάλογα με τις ανάγκες. Μερικές φορές το συγκεκριμένο επίπεδο ενεργοποιεί ειδοποιήσεις ή προειδοποιήσεις βάσει προκαθορισμένων κανόνων (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010).

(4) Επίπεδο εφαρμογής (Application Layer): Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει υπηρεσίες ανάλογα με τις διάφορες εφαρμογές που ζητούν οι χρήστες. Οι εφαρμογές παρακολούθησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος που βασίζονται στο IoT περιλαμβάνουν (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010):

- (1) *Ανίχνευση και παρακολούθηση του ωκεανού.*
- (2) *Παρακολούθηση της ποιότητας του νερού.*
- (3) *Παρακολούθηση των κοραλλιογενών υφάλων.*
- (4) *Παρακολούθηση της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας.*
- (5) *Παρακολούθηση κυμάτων και ρευμάτων.*

Πιο συγκεκριμένα:

Ένα σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης των ωκεανών είναι ένα γενικό σύστημα παρακολούθησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, το οποίο υπήρξε για μεγάλο χρονικό διάστημα, το οποίο χρησιμοποίησε παλιότερα πλοία ωκεανογραφικής και υδρογραφικής έρευνας.

Ένα σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του νερού παρακολουθεί συνήθως τις συνθήκες και τις ιδιότητες του νερού, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας του νερού, του pH, της θολότητας, της αγωγιμότητας και του διαλυμένου οξυγόνου (DO) για τους ωκεανούς, τις λίμνες, τα ποτάμια και άλλα υδάτινα σώματα.

Ένα σύστημα παρακολούθησης κοραλλιογενών υφάλων παρακολουθεί συνήθως τους βιότοπους των κοραλλιογενών υφάλων και τα γύρω περιβάλλοντα.

Ένα σύστημα παρακολούθησης των θαλάσσιων ιχθυοκαλλιεργειών παρακολουθεί τις συνθήκες και τις ιδιότητες του νερού, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας και του pH, μετρά την ποσότητα των αποβλήτων κοπράνων και των ανεπιθύμητων ζωοτροφών για μια ιχθυοκαλλιέργεια, καθώς και τις συνθήκες και τις δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού των νεκρών ψαριών.

Ένα τρέχον σύστημα παρακολούθησης κυμάτων και ρευμάτων προσδιορίζει τις κινήσεις των κυμάτων και των ρευμάτων για ασφαλή ναυσιπλοΐα (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010).

Οι περισσότερες από τις προσπάθειες σχετίζονται με τη γενική παρακολούθηση των ωκεανών και την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων. Έτσι δύναται να προσδιοριστεί κατά πόσο η ποιότητα του νερού μπορεί να έχει μεταβληθεί από άλλους παράγοντες π.χ. από τυχόν απορρίμματα. Έχουν γίνει ακόμη συγκεκριμένες προσπάθειες ώστε να παρακολουθούνται ιχθυοκαλλιέργειες και κοραλλιογενείς ύφαλοι καθώς και κύματα και ρεύματα (Xu et al., 2019).

Ταυτόχρονα, τα μέτρα ελέγχου που γίνονται από τους χρήστες ή από έξυπνες εφαρμογές (μηχανές αναφοράς) μεταφέρονται από το στρώμα εφαρμογών στο στρώμα αντίληψης και εκτέλεσης, έτσι ώστε οι αντίστοιχες συσκευές ή ενεργοποιητές να μπορούν να αναλάβουν τις απαιτούμενες ενέργειες (όπως επανατοποθέτηση της συσκευής, αύξηση ή μείωση ρυθμίσεων της θερμοκρασίας, η παροχή τροφίμων σε ιχθυοκαλλιέργειες) (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010).

(5) Επιχειρησιακό επίπεδο (Business Layer): Το επιχειρησιακό Επίπεδο είναι το τελευταίο επίπεδο αρχιτεκτονικής του IoT και διαχειρίζεται τις συνολικές δραστηριότητες και υπηρεσίες του συστήματος IoT, όπως: i) Δημιουργία επιχειρησιακών μοντέλων, ii) Επιχειρησιακά λογικά διαγράμματα, iii) Γραφικές αναπαραστάσεις ανάλογα με τα στοιχεία που λαμβάνονται με το επίπεδο των εφαρμογών. Επίσης παρακολουθεί και ελέγχει τα αποτελέσματα των άλλων τεσσάρων επιπέδων σύμφωνα με τα επιχειρηματικά μοντέλα προκειμένου να βελτιώσει τις υπηρεσίες και να διατηρήσει την ιδιωτική ζωή των χρηστών (Khan et al., 2012), (Yang et al., 2011), (Wu et al., 2010).

Γενικά, με την πρόοδο των τεχνολογιών του Διαδικτύου και τις ευρείες εφαρμογές τους στην παρακολούθηση και προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, με τη συμβολή της ιχνηλασιμότητας στο εγγύς μέλλον θα αναπτυχθούν και ενεργά μέτρα, τεχνολογίες και συστήματα προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Τα μαζικά δεδομένα που συλλέγονται από θαλάσσια περιβάλλοντα αναλύονται χρησιμοποιώντας προηγμένες αναλύσεις δεδομένων και τα αποτελέσματα θα αποσταλούν στους σχετικούς οργανισμούς / κέντρα ελέγχου θαλάσσιου περιβάλλοντος για γρήγορη λήψη αποφάσεων και παρεμβάσεις σε πραγματικό χρόνο ώστε να προστατευτεί το θαλάσσιο περιβάλλον από τα θαλάσσια απορρίμματα (Xu et al., 2019).

5.2 Εφαρμογές IoT

Η IoT-τεχνολογία αξιοποιείται σήμερα σε διάφορες εφαρμογές στην καθημερινή ζωή. Οι IoT αισθητήρες θα πρέπει να αξιοποιούνται για εφαρμογές όπως: μεγάλη εμβέλεια, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, μικρό κόστος. Τεχνολογίες όπως οι ZigBee και η Bluetooth είναι όμως μικρής εμβέλειας για τη μετάδοση μηνυμάτων ενώ άλλες όπως η 2G, 3G, 4G αν και έχουν μεγαλύτερη εμβέλεια ωστόσο καταναλώνουν μεγάλη ενέργεια για τις συσκευές που τις χρησιμοποιούν (Mekki et al., 2017).

Η IoT-τεχνολογία στενού εύρους ζώνης συχνοτήτων NBloT (Narrow Bandwidth IoT) είναι μια τυποποιημένη τεχνολογία IoT που προτιμάται από τις άλλες σε διάφορες εφαρμογές, όπως π.χ. για την παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος εξαιτίας παραγόντων όπως η υψηλή κάλυψη, η μικρή κατανάλωση ενέργειας, το μικρό κόστος και η υψηλή χωρητικότητα (Javali et al., 2015), (Frost & Sullivan), (Στεφανίδης, 2014).

Πιο συγκεκριμένα, τα NBloTs είναι συστήματα IoT που χρειάζονται πολύ μικρή ισχύ και εύρος ζώνης. Μεταδίδουν σε δύο επίπεδα: 20 dBm και 23 dBm. Ομοίως, το όριο του δέκτη είναι -64 dBm (Javali et al., 2015).

Οι αισθητήρες του NBloT (1^ο επίπεδο αρχιτεκτονικής IoT) μπορούν να τροφοδοτούνται μέσω μικρών μπαταριών ή ηλιακών συλλεκτών. Ο χρόνος ζωής των μπαταριών μπορεί να είναι μεγαλύτερη των δέκα ετών. Η εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας είναι επίσης δυνατή για τους αισθητήρες NBloT. Άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα είναι και τα εξής: I) Εύκολη εγκατάσταση, II) Εύκολη συντήρηση και III) Απλή λειτουργικότητα (Javali et al., 2015), (Frost & Sullivan).

Λόγω των χαμηλών απαιτήσεων ισχύος, το NBloT είναι τεχνολογία χαμηλής παροχής δικτύου ευρείας διάστασης (Low Power Wide Area Network). Το δίκτυο χαμηλής ισχύος ευρείας διάστασης (LPWAN) παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του IoT, αντιμετωπίζοντας σημαντικά μειονεκτήματα του κοινού ασύρματου δικτύου αισθητήρων, ως 2^ο επίπεδο IoT που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτά τα μειονεκτήματα συσχετίζονται τόσο με μεγαλύτερα ποσά ενέργειας όσο και με κενά στην κάλυψη του δικτύου. Στην περίπτωση του NBloT, το ασύρματο δίκτυο (WSN), χρησιμοποιείται για τη μετάδοση μικρών μηνυμάτων σε μεγάλη απόσταση με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Το εύρος συχνοτήτων της NBloT τεχνολογίας (Bandwidth) είναι 200kHz με εμβέλεια εντός πόλεων να ανέρχεται στα 3-4

χιλιόμετρα και εκτός πόλεων να φτάνει τα 15-20 χλμ. Προσφέρει λύσεις συνδεσιμότητας σε συσκευές που λόγω των αναγκών τους δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν από τα υπάρχοντα δίκτυα/τεχνολογίες. Τέτοιο ασύρματο δίκτυο που χρησιμοποιείται ώστε να καλύπτονται ανάγκες του NB-IoT είναι το LBWA ή το 3GPP, δίκτυα χαμηλού κόστους για συσκευές με χαμηλές δαπάνες ενέργειας σε περιοχές ευρείας διάστασης (Frost & Sullivan), (Στεφανίδης, 2014), (Mekki et al., 2017).

Το σύστημα NB-IoT αποτελεί πάντα μια πρώτη επιλογή για χαμηλές δαπάνες ενέργειας. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους βασικούς τομείς, όπως είναι αυτός της έξυπνης στάθμευσης. Με την έξυπνη στάθμευση μπορεί να γίνει βελτιστοποίηση εσόδων στάθμευσης για πληρωμένο χώρο στάθμευσης με αισθητήρες στάθμευσης για την ανίχνευση της άφιξης και της αναχώρησης των αυτοκινήτων. Συντελούνται επίσης εξοικονόμηση βενζίνης και χρόνου και μείωση της ρύπανσης (Frost & Sullivan), (Στεφανίδης, 2014).

Η τεχνολογία NB-IoT θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για τις εγκαταστάσεις ενέργειας. Αισθητήρες NB-IoT θα μπορούσαν να συμβάλουν στην παρακολούθηση εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στην παρακολούθηση των υποδομών ενέργειας και στην παρακολούθηση και διαχείριση κατανάλωσης ενέργειας (Frost & Sullivan), (Στεφανίδης, 2014).

Το NB-IoT θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για χαμηλού κόστους αισθητήρες με μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, ιδανικό για τη γεωργία για να παρακολουθεί τις συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας και αλκαλικότητας με σκοπό να βελτιωθεί η απόδοση των γεωργικών προϊόντων (Frost & Sullivan), (Στεφανίδης, 2014).

Με την αξιοποίηση NB-IoT λύσεων, είναι εφικτή ακόμα μια αποτελεσματική διαχείριση απορριμμάτων καθώς μέσω αυτής είναι δυνατόν να συμβεί ο εντοπισμός της θέσης σε πραγματικό χρόνο και της παρακολούθησης της στάθμης των δοχείων απορριμμάτων. NB-IoT αισθητήρες (υπερηχητικοί, GPS, κίνησης, φωτός) τοποθετούνται πάνω σε κάδους απορριμμάτων και τα δεδομένα από τη στάθμη πλήρωσης των μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο μέσω του διαδικτύου στους διαχειριστές των απορριμμάτων. Συντελείται έτσι βελτιστοποίηση στην κατανάλωση καυσίμων και στη διαδρομή που ακολουθούν τα απορριμματοφόρα καθώς λαμβάνονται υπόψη για τη συλλογή των απορριμμάτων μόνο οι κάδοι, οι οποίοι είναι γεμάτοι με απορρίμματα. Η μείωση στην κατανάλωση καυσίμων οδηγεί τελικά σε μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και με αυτόν τον τρόπο η διαχείριση απορριμμάτων γίνεται πιο φιλική για το περιβάλλον. Παράλληλα με τη χρήση των έξυπνων κάδων αποβλήτων, ο αριθμός απορριμμάτων που οδηγείται σε χώρους υγειονομικής ταφής μειώνεται. Ταυτόχρονα με αυτόν τον τρόπο μπορεί να λάβει χώρα ανάλυση δεδομένων και να υπάρξουν μελλοντικές εκτιμήσεις σχετικά με τον παραγόμενο όγκο αποβλήτων (Frost & Sullivan), (Στεφανίδης, 2014), (Jangir, 2019), (IoTforall, 2019).

Ήδη εταιρείες όπως η ISB Global αξιοποιούν τέτοιες χρήσεις του NB-IoT συστήματος για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε ότι αφορά τη διαχείριση αποβλήτων. Εταιρείες όπως η Telia στη Δανία και η Sensoneo στις Η.Π.Α παράγουν τέτοιους NB-IoT αισθητήρες, τους οποίους θα

τους χρησιμοποιήσουν οι εταιρίες διαχείρισης απορριμμάτων (IoTforall, 2019), (Telia Company, 2018), (Sensoneo).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι πέρα από την τεχνολογία NB-IoT, αισθητήρες και άλλων IoT-τεχνολογιών μεγάλης εμβέλειας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (LPWAN) όπως η LoRa (Εύρος ζώνης συχνοτήτων:250kHz και 125kHz, Εμβέλεια εντός πόλεων 5km και εκτός πόλεων 20km) και η Sigfox (Εύρος ζώνης συχνοτήτων: 100Hz, Εμβέλεια εντός πόλεων 10km και εκτός πόλεων 40km) μπορούν να αξιοποιηθούν σε έξυπνες λύσεις όπως και για την αποτελεσματική διαχείριση απορριμμάτων (Mekki et al., 2017), (Sensoneo).

5.3 Παραδείγματα τεχνολογικών λύσεων IoT για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες

1) HyMuDs σύστημα (Hybrid Multimodal Data Acquisition System)

Η αρχιτεκτονική αυτού του συστήματος συμπεριλαμβάνει και συσκευές (Hardware) και λογισμικό (Software). Μια μονάδα 4 καμερών αντιπροσωπεύει το βασικό στοιχείο του συστήματος HyMuDS. Οι κάμερες είναι εφοδιασμένες με κατάλληλους φακούς για τη λήψη εικόνων στο ορατό (Visible), υπεριώδες (UV) και υπέρυθρο (IR) φάσμα της ακτινοβολίας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και για την ανίχνευση μικροπλαστικών σωματιδίων (Σχ.28) (Chaczko et al., 2018).



Σχήμα 30: Η κάμερα αποτελεί το βασικό μέρος του συστήματος HyMuDS (Chaczko et al., 2018)

Επίσης στο σύστημα αυτό συμπεριλαμβάνονται και αισθητήρες, οι οποίοι ανιχνεύουν παραμέτρους ποιότητας των υδάτων όπως θολότητα, αλατότητα και ούτω καθεξής.

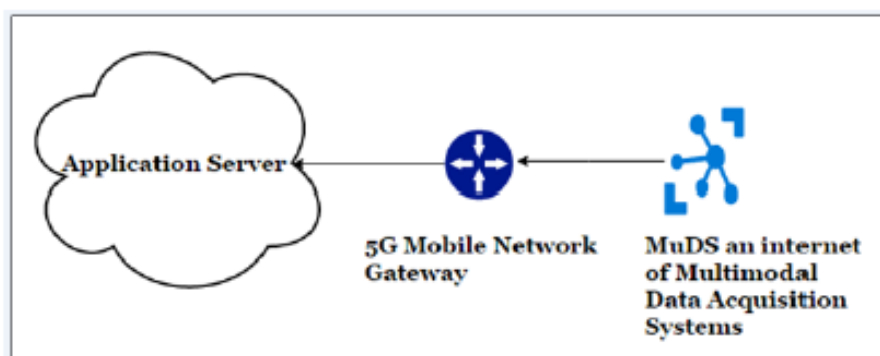
Έτσι συνδυάζονται δύο διαφορετικές μέθοδοι για την παρακολούθηση μακροπρόθεσμης και λεπτομερούς μόλυνσης στα ύδατα. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα HyMuDS μπορεί να αξιοποιηθεί για την ιχνηλασιμότητα των πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα (Chaczko et al., 2018).

Κάθε κάμερα μεμονωμένα είναι εξοπλισμένη με ασύρματο δίκτυο 5G για τη δημιουργία σύνδεσης και τη μετάδοση δεδομένων σε έναν server (Application Server). Το ίδιο ισχύει και

για τη μετάδοση των δεδομένων από τους αισθητήρες, οι οποίοι είναι όλοι συγκεντρωμένοι μαζί. Είναι ασύρματοι και είναι εξοπλισμένοι και αυτοί με το δίκτυο 5G (Chaczko et al., 2018).

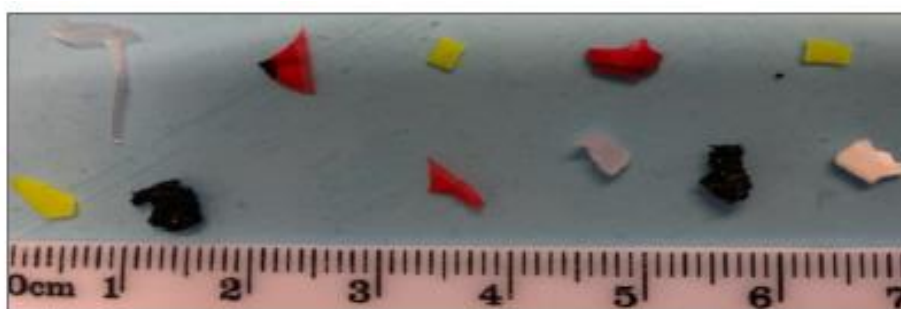
Στο server γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση των κατάλληλων αλγορίθμων (όπως για παράδειγμα, ανίχνευση και απεικόνιση των πλαστικών απορριμμάτων μέσα από μια Σχήμα γενικής λήψης με εξαγωγή χαρακτηριστικών από το Σχήμα, Feature-Based Method). Ο server είναι επίσης εξοπλισμένος με ασύρματο δίκτυο 5G για τη μετάδοση των επεξεργασμένων δεδομένων στο διαδίκτυο (Chaczko et al., 2018).

Η μεταφορά αυτή των δεδομένων από τον server στο διαδίκτυο απεικονίζεται παρακάτω:



Σχήμα 31: Μεταφορά δεδομένων από τον Server στο Διαδίκτυο μέσω της ασύρματης πύλης 5G (Chaczko et al., 2018)

Έτσι ο χρήστης του διαδικτύου μπορεί να ενημερωθεί για πληροφορίες σχετικά με τη θέση, την κίνηση των πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα μέσω και της κατάλληλης οπτικής αναπαράστασης με τη χρήση φωτογραφιών (Chaczko et al., 2018).



Σχήμα 32: Φωτογραφία από μικροπλαστικά σωματίδια που ανιχνεύτηκαν σε υδάτινο περιβάλλον (Chaczko et al., 2018)

Επίσης, με το HyMuDS σύστημα αναπτύσσεται και μια πλατφόρμα για τη λήψη και την αποστολή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ένα τέτοιο σύστημα χρειάζεται γενικά να έχει τις κατάλληλες προδιαγραφές, όπως: i) Να είναι αξιοποιήσιμο για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε διάφορα θαλάσσια περιβάλλοντα (τοπικές θάλασσες, ωκεανούς), ii) Να μεταφέρεται εύκολα, iii) Να είναι ανθεκτικό και να μην επηρεάζεται από τους διάφορους μετεωρολογικούς παράγοντες, iv) Να είναι ακριβές στις μετρήσεις που κάνει, v) Να έχει χαμηλό κόστος (Chaczko et al., 2018).

II) GPS δορυφορικές συσκευές ανίχνευσης

Στα πλαίσια ιχνηλασιμότητας πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες μπορούν να αξιοποιηθούν και GPS δορυφορικές συσκευές ανίχνευσης ως IoT τεχνολογικές λύσεις. Η θέση μιας τέτοιας συσκευής ανιχνεύεται με τη χρήση δορυφόρων. Στη συνέχεια οι δορυφόροι στέλνουν το σήμα σε επίγειους σταθμούς (land earth stations) και αυτοί οι σταθμοί λειτουργώντας μετέπειτα ως διαμεσολαβητές κατευθύνουν το δορυφορικό σήμα σε επίγεια δίκτυα όπως στο διαδίκτυο ή στο επίγειο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN). Μετά μέσω της χρήσης του διαδικτύου, όλες οι απαραίτητες πληροφορίες οδηγούνται στο τηλέφωνο ή στον υπολογιστή. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να γίνεται η παρακολούθηση των GPS συντεταγμένων και της κίνησης των πλαστικών απορριμμάτων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο μέσω των Χαρτών Google (Bertagna, 2010).

Παρακάτω εξετάζονται τέτοιες περιπτώσεις αξιοποίησης GPS δορυφορικών συσκευών ανίχνευσης με σκοπό την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες.

GPS δορυφορικές συσκευές ανίχνευσης σε δίκτυα

Τέτοιες συσκευές τοποθετούνται από πληρώματα μικρών πλοίων κατά τη διάρκεια των ταξιδιών τους πάνω σε αλιευτικά δίκτυα όταν τα πλοία τα συναντήσουν. Τα αλιευτικά δίκτυα υπάρχουν ξεχασμένα στη θάλασσα και δεν έχουν μαζευτεί (ghost nets) (Mejia-Muñoz, 2019), (Safety4Sea, 2019).

Αργότερα και αφού περάσει ένα χρονικό διάστημα, ένα μεγαλύτερο εμπορικό πλοίο, το οποίο διαθέτει συσκευή εντοπισμού των GPS δορυφορικών συσκευών ανίχνευσης, περνά και συγκεντρώνει όλα τα δίκτυα. Η ανίχνευση των πλαστικών απορριμμάτων με αυτόν τον τρόπο κρίνεται ιδιαίτερως αποτελεσματική καθώς τα δίκτυα με την πάροδο του χρόνου έχουν πλέον οδηγηθεί σε περιοχές όπου υπάρχουν και άλλα πλαστικά απορρίμματα (Mejia-Muñoz, 2019), (Safety4Sea, 2019).



Σχήμα 33: Δίκτυα στη θάλασσα με εγκατεστημένη GPS συσκευή ανίχνευσης μπορούν να συντελέσουν στην ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων (Mejia- Muñoz, 2019)

Οι GPS συσκευές ανίχνευσης λειτουργούν ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και παρέχουν δεδομένα θέσης σε πραγματικό χρόνο. Τουλάχιστον τρεις δορυφόροι χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των GPS ανιχνευτών σε οποιαδήποτε περιοχή ανά πάσα χρονική στιγμή. Οι

δορυφόροι χρησιμοποιούν μικροκύματα για να συλλέξουν πληροφορίες σε τρεις διαστάσεις και με αυτόν τον τρόπο υπολογίζουν τη θέση των συσκευών ανίχνευσης GPS. Στους δορυφόρους γίνεται τακτική ενημέρωση των δεδομένων ώστε να πραγματοποιείται με επιτυχία η ιχνηλασιμότητα των συσκευών GPS εν κινήσει (Etransolutions).

Το 2018 το Ινστιτούτο Ocean Voyages στην Αμερική παρέδωσε 18 GPS δορυφορικούς ανιχνευτές σε πληρώματα μικρών πλοίων. Σε αυτά τα πλοία ανήκαν πλοία της φιλοπεριβαλλοντικής οργάνωσης Greenpeace καθώς και πλοία που διενεργούσαν δρομολόγια από την Καλιφόρνια στη Χαβάη. Οι GPS ανιχνευτές τοποθετήθηκαν πάνω σε ξεχασμένα δίχτυα. Αργότερα το εμπορικό πλοίο Kawai που διέθετε συσκευή εντοπισμού των GPS ανιχνευτών εντόπισε τα δίχτυα μαζί με άλλους όμως 40 τόνους απορριμμάτων (Mejia-Muñoz, 2019), (Safety4Sea, 2019).

GPS ανιχνευτές σε πλαστικές φιάλες

Πέρα από τη χρήση GPS συσκευών ανίχνευσης πάνω σε δίχτυα GPS ανιχνευτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε πλαστικές φιάλες. Μια τέτοια ειδική πλαστική φιάλη με ενσωματωμένο GPS ανιχνευτή θα μπορούσε να αφεθεί στη θάλασσα για την παρακολούθηση της κίνησης πλαστικών αποβλήτων (Gashaw, 2019), (Arctic Today, 2019), (New South Wales Environmental Protection Authority).

Προϋποθέσεις για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων με αυτόν τον τρόπο είναι οι εξής (Gashaw, 2019):

- Το υλικό κατασκευής της ειδικής πλαστικής φιάλης θα πρέπει να είναι ανθεκτικό ώστε να μην αποσυντίθεται η φιάλη εύκολα σε μικροπλαστικά σωματίδια εξαιτίας της υπεριώδους UV ακτινοβολίας, της άγλης και του αλμυρού νερού της θάλασσας.
- Το τελικό βάρος και το μέγεθος της ειδικής πλαστικής φιάλης θα πρέπει να είναι παρόμοιο με αυτό των συνηθισμένων πλαστικών απορριμμάτων όπως των πλαστικών μπουκαλιών.
- Το μέγεθος και το σχήμα κάθε πλαστικού μπουκαλιού θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα βλάπτεται η θαλάσσια πανίδα. Έτσι η φιάλη κατασκευάζεται συνήθως σφαιρική, με σκοπό να αποφεύγεται η κατάποση της από ζώα, γιατί με αυτόν τον τρόπο δεν χωρά στο στόμα τους.

Θα πρέπει να ενεργοποιούνται GEO φραγμοί (ψηφιακοί φραγμοί) στη συσκευή GPS ώστε να εμφανίζεται ειδοποίηση εάν οι ειδικές πλαστικές φιάλες ταξιδέψουν στη θάλασσα εκτός μιας οριοθετημένης περιοχής. Η δημιουργία ψηφιακών φραγμών εξασφαλίζει στο να έρχεται ειδοποίηση στον αρμόδιο φορέα που παρακολουθεί την κίνηση των φιαλών (για παράδειγμα Διεύθυνση Προστασίας Περιβάλλοντος, Environmental Protection Agency-EPA) προτού οι τελευταίες φτάσουν σε περιοχές που θεωρείται δύσκολο να ανακτηθούν. Η GEO-περίφραξη (GEOfencing) θεωρείται γενικά ένα χαρακτηριστικό του προγράμματος λογισμικού που χρησιμοποιεί το σύστημα GPS και επιτρέπει στο διαχειριστή του προγράμματος να ενεργοποιεί GEO-φραγμούς έτσι ώστε όταν μια συσκευή ανίχνευσης εισέρχεται (ή εξέρχεται) από τα όρια που καθορίζει ο διαχειριστής να εμφανίζεται στο σύστημα αυτόματα μια ειδοποίηση.



Σχήμα 34: Μια σφαιρική πλαστική φιάλη για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων απομακρύνει τους κινδύνους που μπορούν να δημιουργηθούν στη θαλάσσια πανίδα (Gashaw, 2019)

Η συσκευή ανίχνευσης είναι αδιάβροχη οπότε δεν χρειάζεται να υπάρχει κάποια ανησυχία για οποιαδήποτε ηλεκτρική βλάβη του συστήματος. Για την παροχή ενέργειας στη συσκευή χρησιμοποιείται επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας μπορεί να είναι και εβδομάδες (Gashaw, 2019).

Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται και η γνώση σχετικά με το πώς τα πλαστικά απορρίμματα ταξιδεύουν μόλις προσεγγίσουν υδάτινες οδούς και με τον τρόπο που μπορούν να συγκεντρώνονται σε λιμάνια και ποτάμια. Για παράδειγμα μέσω αξιοποίησης αυτού του project υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού 2 περιοχών μεγάλης συγκέντρωσης πλαστικών απορριμμάτων στο Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό. Η μια τέτοια περιοχή βρίσκεται νοτιοανατολικά της Ιαπωνίας (Western Garbage Patch) ενώ η άλλη περιοχή βρίσκεται ανάμεσα στο Σαν Φρανσίσκο και τη Χαβάη (Eastern Garbage Patch). Αυτό το project δεν χρησιμοποιείται όμως μόνο για την ανεύρεση των συγκεκριμένων περιοχών απορριμμάτων αλλά μπορεί να αξιοποιηθεί και για την εμφάνιση του τρόπου με τον οποίο σχηματίζονται αυτές οι περιοχές. Παράλληλα, θέτει καθοριστικής σημασίας τη συλλογή αυτών των απορριμμάτων πριν γίνουν μεγάλα σε ποσότητες και προκαλέσουν σοβαρό πρόβλημα στο φυτικό και ζωικό οικοσύστημα της περιοχής (Gashaw, 2019).

Σε μια άλλη περίπτωση, ειδικές πλαστικές φιάλες εξοπλισμένες με συσκευές ανίχνευσης GPS αφέθηκαν στο Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό στις 12 Σεπτεμβρίου 2019. Στόχος θεωρείται η προσομοίωση του τρόπου με τον οποίο πλαστικά απορρίμματα διανύουν μεγάλες αποστάσεις από και προς τα ύδατα της Αρκτικής (Arctic Today, 2019).

Κάθε μέρα, η συσκευή GPS στέλνει ένα σήμα που επιτρέπει στους διαχειριστές του προγράμματος να παρακολουθούν το ταξίδι της φιάλης σε πραγματικό χρόνο μέσω ενός διαδικτυακού χάρτη στην ιστοσελίδα του οργανισμού συνεργασίας χωρών της Αρκτικής PAME. Εάν τελικά η φιάλη καταλήξει τελικά στη στεριά, ένα μήνυμα μέσα σε αυτήν θα μπορεί να δείξει στο άτομο που θα την εντοπίσει ποιες ενέργειες πρέπει να κάνει εκείνος μετά (Arctic Today, 2019).



Σχήμα 35: Φιάλη εφοδιασμένη με GPS ανιχνευτή που αφέθηκε στο Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων που καταλήγουν στην Αρκτική (Arctic Today, 2019)

Επίσης, με το project αυτό γίνεται προσπάθεια ερμηνείας του τρόπου με τον οποίο πλαστικά απορρίμματα που προέρχονται από μακριά, καταλήγουν τελικά στις ακτές της Αρκτικής. Το έργο θεωρείται ταυτόχρονα ένα μεγάλο εργαλείο προβολής για την ευαισθητοποίηση της ευρύτερης κοινής γνώμης γύρω από το θέμα των απορριμμάτων και των πλαστικών στην Αρκτική (Arctic Today, 2019).

Όλος αυτός ο σχεδιασμός έγινε στα πλαίσια ανησυχίας που εκδηλώθηκε για πρώτη φορά το 2017 σχετικά με την αυξανόμενη συσσώρευση απορριμμάτων στην Αρκτική Θάλασσα με επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και στις κοινότητες πληθυσμού που ζουν στις περιοχές της Αρκτικής. Έτσι, αποφασίστηκε να εκτιμηθεί το μέγεθος του προβλήματος και να γίνουν οργανωμένες προσπάθειες τόσο για την πρόληψη όσο και την αντιμετώπιση των ολοένα αυξανόμενων ανησυχιών σχετικά με τα αυξανόμενα επίπεδα μικροπλαστικών στην Αρκτική (Arctic Today, 2019).

Παρόμοιο project εφαρμόστηκε και σε θαλάσσια ύδατα της Αυστραλίας μέσω της χρήσης ειδικών πλαστικών φιαλών με ενσωματωμένες GPS συσκευές ανίχνευσης. Το πρόγραμμα διενεργήθηκε από τη Διεύθυνση Προστασίας Περιβάλλοντος της Αυστραλίας (EPA). Οι φιάλες παρακολουθούνταν καθημερινά μέσω των συσκευών GPS οι οποίες παρείχαν ενημερώσεις σχετικά με τη θέση των ανά περίπου 2 ώρες. Όλες οι ενημερώσεις ανέβαιναν καθημερινά στη σελίδα του Facebook στο Διαδίκτυο, οπότε όσοι την επισκεπτόντουσαν θα μπορούσαν να δουν τι συνέβαινε ανά πάσα στιγμή σε κάθε φιάλη (New South Wales Environmental Protection Authority).

Διαπιστώθηκε έτσι ότι περίπου το 75% των απορριμμάτων που εντοπίστηκαν στο λιμάνι του Σίδνεϋ, στις περιβάλλουσες παραλίες του και στα ποτάμια, ήταν από πλαστικό και προερχόταν από τοπικές πηγές. Ο κόλπος Cockle Bay και το λιμάνι Darling Harbour ήταν οι χειρότερες τοποθεσίες όπου βρέθηκαν πλαστικά απορρίμματα στη θαλάσσια περιοχή του Σίδνεϋ. Εκεί καταγράφηκαν 2.456 κομμάτια απορριμμάτων ανά 1.000 τετραγωνικά μέτρα. Στα στατιστικά στοιχεία δεν περιλαμβάνονται τα απορρίμματα κάτω από την επιφάνεια του νερού (New South Wales Environmental Protection Authority).

Με τη χρήση GPS ανιχνευτή σε πλαστική φιάλη μπορεί να δοθεί γενικά η απάντηση στο ερώτημα γιατί τα απορρίμματα αποτελούν ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα και γιατί πρέπει να εφαρμόζονται βιώσιμες τεχνικές διαχείρισης των πλαστικών απορριμμάτων καθώς

αυξάνει η κοινωνική ευαισθητοποίηση σχετικά με το ζήτημα ύπαρξης πλαστικών απορριμμάτων στους ωκεανούς (Gashaw, 2019).

Δορυφορική συσκευή ανίχνευσης SPOT πάνω σε σημαδούρες

Σε μια άλλη περίπτωση φοιτητές από το Ινστιτούτο Χημείας και Βιολογίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου του Ολντενμπούργκ έχοντας ως στόχο την ιχνηλασιμότητα και τη μελέτη της κίνησης των πλαστικών απορριμμάτων που επιπλέουν πάνω στην επιφάνεια του νερού τοποθέτησαν δορυφορικές συσκευές ανίχνευσης χαμηλού κόστους πάνω σε πλαστικές σημαδούρες. Με τη χρήση των σημαδούρων παρέχεται πληθώρα πληροφοριών σχετικά με την κίνηση πλαστικών στην επιφάνεια της θάλασσας. Έτσι μπορεί να γίνει ερμηνεία για το πώς γίνεται η μετακίνηση των πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα και για το πώς επηρεάζεται αυτή από τη σύνθετη αλληλεπίδραση του ανέμου, των θαλάσσιων ρευμάτων και της παλίρροιας. Πάνω σε σημαδούρες εγκαταστάθηκαν λοιπόν συσκευές ανίχνευσης SPOT Trace μικρού μεγέθους (7cm×5cm). Σε αυτές είναι ενσωματωμένος δέκτης GPS, απλός αναμεταδότης και αισθητήρας κίνησης (Hegde, 2018).



Σχήμα 36: Δορυφορική συσκευή ανίχνευσης SPOT (Laird, 2014)

Η συσκευή ανίχνευσης SPOT μεταδίδει τη θέση GPS της σημαδούρας στους τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους Globalstar χαμηλής τροχιάς (LEO, Low Earth Orbit). Αυτοί στέλνουν τα δεδομένα σε επίγειους σταθμούς και από εκεί στο διαδίκτυο. Μέσω των χαρτών Google μπορεί στη συνέχεια να γίνει η συνεχής παρακολούθηση των GPS συντεταγμένων των πλαστικών απορριμμάτων σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης παρακολούθησης των GPS συντεταγμένων ανά 2.5, 5, 10, 30 ή 60 λεπτά (Helicopterhelmet), (Laird, 2014).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση ανίχνευσης μέσω της SPOT συσκευής υπάρχει μια σημαντική περιοχή κάλυψης από τους δορυφόρους Globalstar που περιλαμβάνει μια μεγάλη επιφάνεια του πλανήτη, με εξαίρεση τα ακραία βόρεια και νότια γεωγραφικά πλάτη και τμήματα του Ειρηνικού Ωκεανού (Globalstar).

Οι συσκευές SPOT είναι ανθεκτικές και εγκαθίστανται γενικά εύκολα πάνω στις σημαδούρες. Επίσης, τροφοδοτούνται από 4 αλκαλικές μπαταρίες Li-As Energizer με διάρκεια ζωής έως και 18 μήνες (Laird, 2014).

Τα δεδομένα από τις συσκευές ανίχνευσης SPOT εισάγονται μετέπειτα σε 3D προγράμματα προσομοίωσης του Πανεπιστημίου, για να γίνει η ερμηνεία και η πρόβλεψη για το πώς τα απορρίμματα ταξιδεύουν στην επιφάνεια του νερού αλλά και στο βυθό της θάλασσας. Στα πλαίσια αυτά χρησιμοποιήθηκαν εξελιγμένα εργαλεία μοντελοποίησης για την ανάλυση σύνθετων ρευμάτων ωκεανών στην επιφάνεια ενώ ελήφθη υπόψη ακόμη και το ύψος των κυμάτων. Η μελέτη διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο στον εντοπισμό της πηγής προέλευσης των πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα (Hegde, 2018).

Μια ακόμη από τις πιο σημαντικότερες ανακαλύψεις αυτής της έρευνας ήταν και η μεγάλη επίδραση του ανέμου, με μερικές σημαδούρες να ταξιδεύουν μέχρι και 700 μίλια με τους επιστήμονες να αναφέρουν ότι η επιρροή της δύναμης του ανέμου στην κίνηση στα επιπλέοντα σωματίδια στη Βόρεια Θάλασσα είναι μεγαλύτερη από ότι αναμενόταν. Διαπιστώθηκε ακόμη ότι η μετακίνηση των σημαδούρων ήταν από τη δυτική προς την ανατολική κατεύθυνση αλλά μερικές φορές η κίνηση γινόταν και προς την αντίθετη κατεύθυνση (Hegde, 2018).

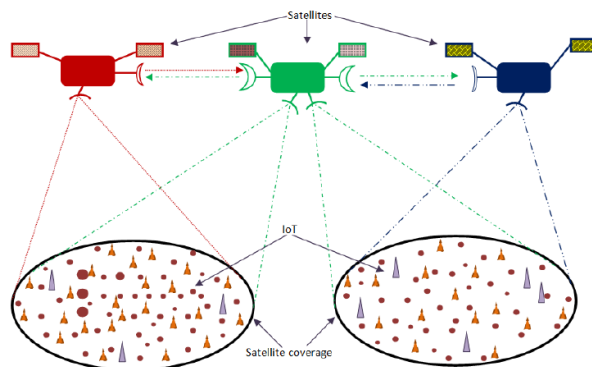
Γενικά, διαπιστώνεται ότι η αξιοποίηση τέτοιων IoT λύσεων μέσω των δορυφορικών δικτύων μπορεί να προσφέρει τα μέγιστα στην ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων και αυτό γιατί αν και υπάρχουν ποικιλίες ασύρματων δικτύων που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν διασυνδεσιμότητα σε εκατομμύρια χρήστες, όπως είναι οι ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi και Near Field Communication (NFC), ωστόσο η ικανότητα αυτών των δικτύων είναι περιορισμένη όσον αφορά τον αριθμό των καλυπτόμενων περιοχών. Τα δορυφορικά συστήματα IoT μπορούν να αποτελέσουν μία από τις κατάλληλες επιλογές για την αντιμετώπιση αυτών των ανησυχιών (Javali et al., 2015), (Qu et al., 2017).

Επιπλέον, οι δορυφόροι μπορούν να συμπληρώσουν την ικανότητα αυτών των δικτύων να χειρίζονται πολλαπλά πράγματα και να κάνουν πραγματικότητα τη ταυτόχρονη διασύνδεση και επικοινωνία. Τα μελλοντικά συστήματα ασύρματης επικοινωνίας στοχεύουν σε πολύ υψηλά ποσοστά δεδομένων για τους χρήστες και τα μηχανήματα για να καλύψουν τις απαιτήσεις υψηλής ταχύτητας εκατομμυρίων χρηστών (Javali et al., 2015), (Qu et al., 2017).

Παράλληλα, οι χερσαίες ασύρματες επικοινωνιακές υποδομές μπορεί να καταστραφούν εύκολα από φυσικές καταστροφές. Έτσι, αντί να γίνουν επενδύσεις σε σταθμούς βάσης για την κατασκευή ασύρματων συστημάτων επικοινωνιών για επίγεια δίκτυα, μπορούν να γίνουν επενδύσεις για την κατασκευή δορυφόρων (Javali et al., 2015), (Qu et al., 2017).

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται το IoT που βασίζεται στο δορυφόρο, στο οποίο οι δορυφόροι παρέχουν κάλυψη για διαδικτυακές συνδέσεις και υπάρχουν και συνδέσεις μεταξύ των δορυφόρων για μεγαλύτερο εύρος (Javali et al., 2015).

Με την κάλυψη πολλών δορυφόρων γίνεται πιο αξιόπιστη η παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος με σκοπό την ιχνηλασιμότητα πλαστικών αποβλήτων σε αυτό.



Σχήμα 37: Συνδυασμένη χρήση δορυφόρων και IoT για την αξιόπιστη ιχνηλασιμότητα πλαστικών αποβλήτων σε θαλάσσιο περιβάλλον (Javali et al., 2015)

Στην περίπτωση της παρακολούθησης πλαστικών απορριμμάτων για ανίχνευση αποβλήτων, το σύστημα SIoT (Satellite IoT) παρέχει μεγαλύτερη κάλυψη, καλύτερη διαθεσιμότητα από τα άλλα δίκτυα, καλύτερη διασύνδεση μεταξύ του συστήματος IoT και του διαδικτύου. Η παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι επίσης περισσότερο αξιόπιστη μέσα από το δίκτυο SIoT εξαιτίας της καλύτερης διαθεσιμότητας. Το σύστημα δορυφόρων με το IoT παρέχει ακρίβεια με αποτελεσματικότητα ακόμη και σε περιβάλλοντα, όπως αγροτικές ή απομακρυσμένες περιοχές όπου η ύπαρξη υποδομών είναι αραιά (Javali et al., 2015).

Παράλληλα, η συνδυασμένη χρήση IoT και δορυφόρων ενδείκνυται σε σχέση με τη τεχνολογία βίντεο για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων εξαιτίας μειονεκτημάτων που παρουσιάζει η τελευταία όπως είναι: i) Τα αποτελέσματα δεν είναι ακριβή σε περίπτωση ιχνηλασιμότητας μικρού μεγέθους πλαστικών απορριμμάτων ii) Οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων, iii) Απαιτείται σκάφος και εξειδικευμένος εξοπλισμός (Plepiene et al., 2018).

Μια τέτοια εταιρεία, που κατασκευάζει τέτοιες IoT συσκευές θεωρείται η κινέζικη εταιρεία Shenzhen Eelink Co Ltd, η οποία είναι μια έμπειρη και άκρως αναγνωρισμένη εταιρεία στο χώρο κατασκευής GPS συσκευών ανίχνευσης και γενικότερα IoT συσκευών τόσο στο χώρο των τηλεπικοινωνιών όσο και στην ανίχνευση οχημάτων. Θεωρείται από τις κορυφαίες κατασκευάστριες εταιρίες GPS συσκευών τόσο για βιομηχανική όσο και για ιδιωτική χρήση, με λύσεις άριστης ποιότητας τόσο σε συσκευές (Hardware) όσο και σε λογισμικό (Software). Τα καινοτόμα της προϊόντα αναπτύσσονται σύμφωνα με τα καλύτερα βιομηχανικά πρότυπα που ταιριάζουν στις τοπικές και διεθνείς αγορές (Shenzhen Eelink Co Ltd).

Μια άλλη τέτοια εταιρεία θεωρείται και η κινέζικη εταιρεία Concox™ Information & Technology Co., Ltd., η οποία θεωρείται κορυφαία στο σχεδιασμό και στην κατασκευή IoT λύσεων-ασύρματων τηλεπικοινωνιακών προϊόντων. Η εταιρεία διαθέτει πάνω από 15 χρόνια εμπειρίας και έχει εξελιχθεί σε σημαντική βιομηχανία στην κατασκευή GPS συσκευών με πελάτες σε περισσότερες από 120 χώρες και περιοχές σε όλο τον κόσμο. Συνεργάζεται με άλλες εταιρείες τηλεπικοινωνιών όπως είναι η China Mobile, η China Telecom, η China Unicom και προσφέρει

ολοκληρωμένες λύσεις GPS ανίχνευσης σε επιχειρήσεις για μεγαλύτερη οργανωτική αποτελεσματικότητα (Concox™ Information & Technology Co Ltd).

Μια άλλη εταιρεία, η οποία προσφέρει IoT τεχνολογικές λύσεις θεωρείται η εταιρεία Spot LLC, η οποία ιδρύθηκε το 2007. Στα πλαίσια της επιχειρηματικής δραστηριότητας της εταιρείας περιλαμβάνεται η παραγωγή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού καθώς και προσαρμοσμένων δορυφορικών IoT λύσεων (π.χ. SPOT συσκευές ανίχνευσης). Τα κεντρικά της γραφεία βρίσκονται στην πολιτεία Λουιζιάνα των Η.Π.Α. Η εταιρεία ανήκει και λειτουργεί υπό τη διεύθυνση της εταιρείας Globalstar Inc. Η εταιρεία Globalstar Inc. θεωρείται πρωτοπόρος σε δορυφορικές υπηρεσίες ήχου και δεδομένων και θεωρείται από τους ηγέτες στην κατασκευή σταθερών και κινητών δορυφορικών τηλεφώνων καθώς και από τους κορυφαίους παρόχους σε υπηρεσίες ανίχνευσης αλλά και μακρινής παρακολούθησης. Από τις 31.12.2008, στην εταιρεία ανήκουν 48 δορυφόροι σε τροχιά και 26 επίγειοι σταθμοί. Πελάτες της εταιρείας θεωρούνται επιχειρήσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου, ναυπηγικές και κατασκευαστικές επιχειρήσεις ενώ παρέχει και υπηρεσίες σε περιπτώσεις έκτακτων αναγκών (π.χ. ανεύρεση αγνοουμένων) (Globalstar).

Μια ακόμη εταιρεία, η οποία κατασκευάζει IoT προϊόντα, προσφέροντας προηγμένες λύσεις σε ότι αφορά την ιχνηλασιμότητα και την παρακολούθηση είναι η αμερικανική εταιρεία Necco με τα προϊόντα της με την επωνομασία Trexee. Τα προϊόντα αυτά διαθέτουν τη δυνατότητα ιχνηλασιμότητας είτε με τη χρήση ασύρματων αισθητήρων είτε με τη χρήση GPS. Επίσης εγκαθίστανται εύκολα με τη χρήση ισχυρών μαγνητών και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής μπαταρίας. Διαθέτουν μακροχρόνια σταθερότητα και θεωρούνται ανθεκτικά στο περιβάλλον. Τα προϊόντα αυτά χρησιμοποιούνται ήδη στον τομέα των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας για την ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο οχημάτων, αεροπλάνων, τρένων (Neeco Enterprise).

Μια άλλη εταιρεία, η οποία εδρεύει στη Λιθουανία και παράγει έξυπνα IoT προϊόντα εδώ και 21 χρόνια στο χώρο της ιχνηλασιμότητας είναι και η λιθουανική εταιρεία Teltonika SAS. Η εταιρεία παράγει IoT προϊόντα με δυνατότητα GPS ανίχνευσης σε ηλεκτρικά scooter και σε ηλεκτρικά ποδήλατα σε πραγματικό χρόνο (Teltonika SAS).

Σε όλες τις IoT συσκευές σημαντικό ρόλο παίζει ο κόμβος (end node). Μέσω του κόμβου συντελείται ανίχνευση, μέτρηση, επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνονται από τον αισθητήρα. Στη συνέχεια αφού ο κόμβος είναι συνδεδεμένος με μια πύλη εξόδου (gateway) πραγματοποιείται μεταφορά των πιο σημαντικών, επεξεργασμένων δεδομένων στο διαδίκτυο. Ο κόμβος βρίσκεται συνήθως σε κατάσταση μη-λειτουργίας αλλά μια εξωτερική εντολή ενεργοποίησης βοηθάει στη γρήγορη ειδοποίηση του κόμβου για να ξεκινήσει η ανίχνευση και η μέτρηση των δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνει και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας της συσκευής. Παράλληλα, ο κόμβος παίζει σημαντικό ρόλο σε ότι αφορά και την ασφάλεια των δεδομένων, ώστε να υπάρχει μόνο πιστοποιημένη πρόσβαση σε αυτά (Beavers, 2017), (GSMA, 2018).

Στην περίπτωση της ιχνηλασιμότητας των πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα, IoT συσκευές με τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας χαμηλής ισχύος και υψηλής εμβέλειας (LPWAN) κρίνεται απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν. Οι τεχνολογίες LoRa και NB-IoT ικανοποιούν αυτόν το σκοπό. Από τα παραδείγματα που δόθηκαν προηγουμένως σε ότι αφορά την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε αυτές τις συσκευές θεωρείται επίσης σκόπιμο να υπάρχει ενσωματωμένος και GPS αισθητήρας.

Μετά από έρευνα αγοράς, ο κόμβος BC95-G με ασύρματη NB-IoT επικοινωνία και ενσωματωμένο GPS μπορεί να κριθεί κατάλληλος για αυτόν το σκοπό. Το μέγεθος ενός τέτοιου κόμβου είναι 23.6mmx19.9mmx2.2 mm, κατασκευάζεται από την εταιρεία Quectel και το κόστος του ανέρχεται στα περίπου 70 δολάρια (Quectel Company). Ένας άλλος κόμβος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι και ο κόμβος RAK7205 με ασύρματη LoRa επικοινωνία και ενσωματωμένο GPS, ο οποίος κατασκευάζεται από την εταιρεία RAK. Το μέγεθος του κόμβου είναι 150mmx90mmx90mm και το κόστος του στα περίπου 90 δολάρια (RAK Company).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σήμερα το πρόβλημα από την ύπαρξη πλαστικών απορριμμάτων σε θάλασσες είναι μεγάλο καθώς εκτιμάται ότι πέντε δισεκατομμύρια κομμάτια πλαστικού με βάρος 250.000 τόνων εντοπίζονται στους ωκεανούς. Μάλιστα αυτό ολοένα και διογκώνεται αφού υπολογίζεται ότι 5 ως 13 εκατομμύρια τόνοι πλαστικού από ακατάλληλα απόβλητα στις ακτές εισέρχονται στη θάλασσα κάθε χρόνο. Το 94% των απορριμμάτων καταλήγει στον πυθμένα της θάλασσας ενώ μόλις το 1% εντοπίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας.

Παράγοντες όπως οι: i) Η ύπαρξη χωματερών σε ακτές γεγονός που οδηγεί σε μεταφορά πλαστικών αποβλήτων λόγω μετεωρολογικών παραγόντων (άνεμος, βροχή) στις θάλασσες, ii) Η παραγωγή πλαστικών αποβλήτων από βιομηχανίες πλαστικών και από άλλες εταιρείες επεξεργασίας (π.χ. χρώματα), οι οποίες λειτουργούν δίπλα σε παράκτιες περιοχές, iii) Η εισροή ανεπεξέργαστων λυμάτων με ίχνη από πλαστικά απορρίμματα στις θάλασσες, iv) Η εγκατάλειψη διχτύων και άλλων ειδών στη θάλασσα κατά τη διάρκεια των αλιευτικών δραστηριοτήτων, v) Η ύπαρξη πόλεων κοντά σε ποταμούς/θάλασσες, κάτι το οποίο οδηγεί στην εύκολη μεταφορά πλαστικών αποβλήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον, συντελούν σε αυτό το πρόβλημα της ρύπανσης.

Τα πλαστικά απόβλητα θεωρούνται σημαντική απειλή τόσο για το ζωικό όσο και για το φυτικό θαλάσσιο οικοσύστημα. Εξαιτίας των πλαστικών αποβλήτων, είδη θαλάσσιων ζώων (χελώνες, φώκιες κ.α.) μπορεί να παγιδευτούν, να τραυματιστούν και να πνιγούν. Παράλληλα, ενδεχόμενη κατάποσή των αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει συνέπειες τόσο για το γαστρεντερικό όσο και για το κυκλοφορικό τους σύστημα, κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο. Ταυτόχρονα, τέτοια απόβλητα μπορούν να αλλοιώσουν την τοπική θαλάσσια χλωρίδα (π.χ. μακροφύκη) και να καταστρέψουν τόπους κατοικίας των θαλάσσιων ζώων.

Κίνδυνος υπάρχει και για την ανθρώπινη υγεία είτε με άμεσες επιπτώσεις κινδύνου τραυματισμού ή και δηλητηρίασης σε περίπτωση που κάποιος κολυμπήσει σε νερά στα οποία εντοπίζονται πλαστικά απόβλητα αλλά και με έμμεσες επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία εξαιτίας των επικίνδυνων χημικών ουσιών που μεταφέρονται μέσα από την τροφική αλυσίδα από τους θαλάσσιους οργανισμούς στον άνθρωπο κατά τη διατροφή. Μεγάλες θεωρούνται και οι συνέπειες για την οικονομία με αρνητικές επιπτώσεις σε ότι αφορά την απώλεια κερδών τόσο για τον τομέα της αλιείας και της ναυτιλίας όσο και για τον τουρισμό. Παράλληλα, το κόστος από τη συλλογή πλαστικών απορριμμάτων και τον καθαρισμό ακτών και παραλιών θεωρείται υψηλό. Ενέργειες λαμβάνονται ήδη από διεθνείς οργανισμούς (π.χ. IMO και MARPOL) σε ότι αφορά κανονισμούς σχετικά με τη μείωση των πλαστικών απορριμμάτων από τα πλοία και την προστασία θαλάσσιων περιοχών.

Με σκοπό την αντιμετώπιση του προβλήματος της ρύπανσης των θαλασσών από πλαστικά απορρίμματα αξιοποιούνται διάφορες τεχνολογίες διαχείρισης και ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα και τα πλαστικά απόβλητα επεξεργαστούν καταλλήλως προτού εισέλθουν στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Τέτοιες τεχνικές επεξεργασίας, οι οποίες αξιοποιούνται σήμερα

θεωρούνται οι: i)Υγειονομική ταφή, ii) Καύση/Αποτέφρωση, iii) Κομποστοποίηση σε συνθήκες είτε αερόβιας είτε αναερόβιας χώνευσης, iv) Ανακύκλωση. Ιδιαίτερα, η τεχνική της ανακύκλωσης συμβάλλει στην κυκλική οικονομία κατά την οποία λαμβάνει χώρα η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών από τα πλαστικά απορρίμματα με αποτέλεσμα να μην συντελείται αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών κοιτασμάτων. Επίσης, αποτελεί σε σχέση με τις άλλες τεχνικές μια ιδιαίτερη φιλική λύση επεξεργασίας αποβλήτων προς το περιβάλλον. Η διαλογή στην πηγή αποτελεί αναπόσπαστο χαρακτηριστικό της ανακύκλωσης και μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως: Με συλλογή πόρτα-πόρτα, Με συλλογή σε σύστημα με κάδους ανακύκλωσης/containers, Σε κέντρα συλλογής/αγοράς υλικών.

Καιρικά δεδομένα όπως: i) Η ποσότητα της βροχόπτωσης, ii) Η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα, iii) Η υγρασία στο έδαφος, iv) Η διεύθυνση/ταχύτητα του ανέμου σε συνδυασμό με τοπογραφικά δεδομένα, θα πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη καθώς συμβάλλουν καθοριστικά στη μεταφορά των απορριμμάτων.

Πέρα από τις τεχνικές επεξεργασίας αποβλήτων, μπορούν να αξιοποιηθούν όμως και τεχνικές ιχνηλασιμότητας τόσο για την περίπτωση που τα πλαστικά απορρίμματα βρίσκονται σε ακτές όσο και για την περίπτωση που τα πλαστικά απορρίμματα βρίσκονται ήδη μέσα στη θάλασσα. Αφού εντοπιστούν τα απορρίμματα, στη συνέχεια μπορούν να λάβουν χώρα οργανωμένες προσπάθειες συλλογής και απομάκρυνσής των με σκοπό την αντιμετώπιση του προβλήματος. Μέσα από τις πρωτοβουλίες European Marine Litter Watch και Marine Debris Tracker, μεμονωμένα άτομα χωριστά αλλά και οργανωμένες ομάδες ατόμων (κοινότητες) πραγματοποιώντας έρευνες σε παραλίες, λαμβάνουν φωτογραφίες από πλαστικά απορρίμματα σε περίπτωση που τα εντοπίσουν. Στη συνέχεια, οι φωτογραφίες μαζί με το όνομα της παραλίας που εντοπίστηκαν τα απορρίμματα, φορτώνονται σε μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου. Μετά, όλα τα στοιχεία συγκεντρώνονται σε μια δημόσια βάση δεδομένων και γίνονται γνωστά στο ευρύτερο κοινό μέσω διαδικτυακής πύλης.

Όσον αφορά την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε θάλασσες, μπορεί να αξιοποιηθεί η οπτική τεχνολογία με χρήση βιντεοκάμερας τόσο για αυτά που επιπλέουν σε ύδατα όσο και για αυτά που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού. Για απορρίμματα που επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού, ο εντοπισμός τους μπορεί να γίνει μέσω κάμερας προσαρμοσμένης προς την επιφάνεια της θάλασσας, η οποία τοποθετείται πάνω σε στύλο σε κατάστρωμα καραβιού (JRC Sealittercam). Μη-επανδρωμένα αεροσκάφη (Drones) στα οποία έχουν εγκατασταθεί ειδικές κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για τη λήψη αεροφωτογραφιών και για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων με τη χρήση τεχνολογίας αναγνώρισης εικόνας. Όσον αφορά την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων σε ρηχά υποθαλάσσια ύδατα (έως 20m) μπορούν να αξιοποιηθούν δύτες οι οποίοι ανιχνεύουν την περιοχή κρατώντας κατάλληλα προστατευόμενες από το νερό βιντεοκάμερες. Για μέτρια βάθη (40-800m) χρησιμοποιείται η τεχνική της ρυμουλκούμενης από σκάφος βιντεοκάμερας (Towed Video), η οποία τοποθετείται πάνω σε ειδική μεταλλική εξέδρα. Τέλος, για μεγαλύτερα βάθη έως και 2.500m, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά κατευθυνόμενα υποβρύχια

(Remotely Operated Vehicles), τα οποία διαθέτουν μία ή και περισσότερες βιντεοκάμερες καθώς και σόναρ για την ανίχνευση πλαστικών απορριμμάτων. Οι εικόνες και τα βίντεο που λαμβάνονται επεξεργάζονται μετέπειτα για την ενδεχόμενη αναγνώριση, ταξινόμηση και ποσοτικοποίηση των πλαστικών αντικειμένων.

Πέρα από τη χρήση βιντεοκάμερας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δορυφόροι με σκοπό την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων. Με τη χρήση δορυφόρων στους οποίους έχουν εγκατασταθεί κατάλληλοι ανιχνευτές υπέρυθρης ακτινοβολίας μπορεί να γίνει εντοπισμός των πλαστικών απορριμμάτων μέσω ανίχνευσης του φασματικού ίχνους του πλαστικού. Επίσης με τη συνδυαζόμενη αξιοποίηση δορυφόρων και υπολογιστών μπορεί να γίνει προσομοίωση τόσο του ρυθμού διάσπασης των πλαστικών απορριμμάτων όσο και του ρυθμού με τον οποίο αυτά βυθίζονται στη θάλασσα.

Η ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα μπορεί να γίνει και μέσω του IoT (Internet of Things) συστήματος. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλοι αισθητήρες (φυσικοί, χημικοί, GPS), οι οποίοι διαθέτουν υψηλή αντοχή στο νερό. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες μεταδίδονται στη συνέχεια μέσω της χρήσης δικτύων ασύρματης επικοινωνίας όπως: WiFi, ZigBee, Bluetooth, GPRS, GSM και WiMAX σε υπολογιστές. Εκεί γίνεται η αποθήκευση και η επεξεργασία των δεδομένων. Στη συνέχεια τα επεξεργασμένα δεδομένα στέλνονται στο διαδίκτυο και εκεί ο καθένας μπορεί να παρακολουθήσει το τί συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο. Σε έξυπνες λύσεις (στάθμευση, διαχείριση απορριμμάτων) προτιμώνται αισθητήρες στενού εύρους ζώνης συχνότητας (Narrow Bandwidth IoT-NB-IoT), μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας ευρείας κάλυψης και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (Low Power Wide Area Network). Τη συγκεκριμένη δυνατότητα έχουν και οι αισθητήρες LoRa και Sigfox. Με αυτού του είδους την τεχνολογία, αντιμετωπίζονται προβλήματα που συσχετίζονται τόσο με μεγαλύτερα ποσά ενέργειας όσο και με κενά στην κάλυψη του δικτύου.

Τεχνολογική λύση IoT για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες θεωρείται το HyMuDS σύστημα (Hybrid Multimodal Data Acquisition System). Αυτό το σύστημα αποτελείται από 4 κάμερες και αισθητήρες, οι οποίοι ανιχνεύουν παραμέτρους ποιότητας των υδάτων όπως θολότητα και αλατότητα. Τόσο οι κάμερες όσο και οι αισθητήρες είναι εξοπλισμένες με την τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας 5G μέσω της οποίας γίνεται η μετάδοση δεδομένων σε υπολογιστή. Στον υπολογιστή λαμβάνει χώρα η κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων και η μεταφορά τους στο διαδίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο κάθε χρήστης του διαδικτύου μπορεί να ενημερωθεί για πληροφορίες σχετικά με τη θέση, την κίνηση των πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα μέσω και της κατάλληλης οπτικής αναπαράστασης με τη χρήση φωτογραφιών.

Μια ακόμη τεχνολογική λύση IoT για την ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων θεωρούνται και οι GPS δορυφορικές συσκευές ανίχνευσης, οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν πάνω σε δίχτυα που έχουν εγκαταλειφθεί στη θάλασσα. Μετά από αξιοποίηση του σήματος που στέλνεται από τη συσκευή στο δορυφόρο και από εκεί στο διαδίκτυο

διαπιστώνεται ότι τα δίκτυα με την πάροδο του χρόνου έχουν πλέον οδηγηθεί σε περιοχές όπου υπάρχουν και άλλα πλαστικά απορρίμματα. GPS δορυφορικές συσκευές ανίχνευσης μπορούν να τοποθετηθούν επίσης πάνω σε φιάλες με σφαιρικό σχήμα. Με παρακολούθηση της κίνησής τους σε πραγματικό χρόνο στο διαδίκτυο έγινε έτσι δυνατός ο εντοπισμός 2 περιοχών μεγάλης συγκέντρωσης πλαστικών απορριμμάτων στο Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό. Με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιήθηκαν GPS ανιχνευτές μέσα σε ειδικές φιάλες όπου μέσω της παρακολούθησης της κίνησης τους, είναι δυνατή η προσομοίωση του τρόπου με τον οποίο πλαστικά απορρίμματα διανύουν μεγάλες αποστάσεις από και προς τα ύδατα της Αρκτικής με σκοπό το μετέπειτα εντοπισμό τους σε πραγματικές συνθήκες. Τέλος, SPOT δορυφορικές συσκευές ανίχνευσης με ενσωματωμένους δέκτη GPS, απλό αναμεταδότη και αισθητήρα κίνησης χρησιμοποιήθηκαν πάνω σε σημαδούρες για την προσομοίωση της κίνησης των πλαστικών απορριμμάτων στην επιφάνεια της θάλασσας υπό την επήρεια και διαφόρων παραγόντων (π.χ. διεύθυνση ανέμου), ώστε να ανιχνεύονται αυτά μετέπειτα σε πραγματικές συνθήκες στη θάλασσα ανάλογα με την επίδραση κάθε παράγοντα.

Γενικά, τέτοιες τεχνολογικές λύσεις IoT με τη χρήση δορυφόρου μπορεί να προσφέρουν τα μέγιστα στην ιχνηλασιμότητα πλαστικών απορριμμάτων και θεωρούνται οι καταλληλότερες. Και αυτό γιατί σε σχέση με άλλες λύσεις IoT, οι οποίες στηρίζονται σε ασύρματα δίκτυα όπως: ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi, υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα κάλυψης καθώς και αξιοπιστία. Τέτοιες τεχνολογικές λύσεις IoT προσφέρονται από διάφορες εταιρείες ανά τον κόσμο όπως οι: Shenzhen Eelink Co Ltd, Concox™ Information & Technology Co., Ltd και η Globalstar/SPOT Inc.

Ο κόμβος σε συσκευές IoT έχει μεγάλη σημασία καθώς σε αυτόν ανιχνεύονται, υπολογίζονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα που λαμβάνονται από τον αισθητήρα και μετά στέλνονται στο διαδίκτυο. Για την περίπτωση της ιχνηλασιμότητας των πλαστικών απορριμμάτων, ο κόμβος της εταιρείας Quertel, C95-G με ασύρματη NB-IoT επικοινωνία και ενσωματωμένο GPS και ο κόμβος της εταιρείας RAK, RAK7205 με ασύρματη LoRa επικοινωνία και ενσωματωμένο GPS με μεγέθη διαστάσεων mm και μικρού κόστους θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν για την κατασκευή του δικού μας προϊόντος.

Εν κατακλείδι, η ανίχνευση και η ιχνηλασιμότητα των πλαστικών απορριμμάτων μπορεί να δημιουργήσει βάσεις δεδομένων που θα βοηθήσουν τους επιστήμονες να οριοθετήσουν το πρόβλημα, να προτείνουν και να συντονίσουν κατάλληλα μέτρα κ δράσεις για την πρόληψη και διαχείριση του.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΝΑΦΟΡΩΝ

Ελληνόγλωσσες

1. Βαλαβανίδης, Α., (26.05.2018), *Πλαστικά Απορρίμματα και Παγκόσμια Ρύπανση των Ωκεανών Εκατομμύρια Τόνοι Πλαστικών Απορριμμάτων στους Ωκεανούς: Έχουν Εξαφανισθεί;* Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.chem.uoa.gr/?p=6225&lang=el>
2. Βλυσίδης, Α.,(2006), *Τεχνικές Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων*, Αθήνα
3. Γιδαράκος, Ε.; Σπυριδάκη, Α., (09.2007), *Σχεδιασμός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)*, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά
4. Διεύθυνση Πολεοδομίας Δήμου Ιωαννίνων, (2012), *Μελέτη Εξοπλισμού Καθαριότητας*, Ιωάννινα
5. Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης, (05.2019), *Κυκλική Οικονομία: Ένα νέο, οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.ekt.gr/el/magazines>
6. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), *Παροχή Υπηρεσιών/Ελεύθερα Δεδομένα*, <http://www.hnms.gr/emv/el/services/paroxi-ipiresion-elefthera-dedomena>
7. Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ), <http://www.eedsa.gr/Contents>
8. Ελληνικό Εθνικό Κέντρο Ωκεανογραφικών Δεδομένων, <https://hnodc.hcmr.gr/online-data-request-form/>
9. Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ), *Η σημασία και τα οφέλη της ανακύκλωσης*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eoan.gr/el/content/22/i-simasia-kai-ta-ofeli-tis-anakuklwsis>
10. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη (ΕΠΠΕΡΑΑ), (12.2015), *Οδηγός για το σχεδιασμό-οργάνωση και λειτουργία των πράσινων σημείων*, Διαθέσιμο στο: <https://www.epper.gr>
11. Ηλεκτρονική Εφημερίδα NEWSBOMB, (23.03.2016), *Δήμος Σερρών – Ο Δήμος Υπόδειγμα*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.newsbomb.gr>
12. Ζαγγανά, Ε., (06.2005), *Διάθεση στερεών και υγρών αποβλήτων στο γεωλογικό περιβάλλον*, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πάτρας
13. Λέκκα, Θ., (2013), *Επεξεργασία υγρών αποβλήτων-Περιγραφή και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων*, Ηράκλειο
14. Λοιζίδου, Μ., (2015), *Σχήματα διαχείρισης αστικών στερεών απορριμμάτων*, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
15. Νταρακάς, Ε., (01.2014), *Διαχείριση στερεών απορριμμάτων*, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.
16. Ρούσση, Β.; Χαρίτου, Κ., (2010), *Ανακύκλωση*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
17. Στεφανίδης, (2014), *LoRaWAN Solutions in 5G era*, IoTech Telecommunications
18. Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ, http://www.poseidon.hcmr.gr/listview_gr.php?id=137
19. Τερζής, Ε., (2009), *Διαχείριση απορριμμάτων*, Οδηγός για το περιβάλλον, WWF Ελλάς

20. Τσόντζος, Ι., (2015), *Επίδραση του πληρωτικού υλικού στην απόδοση των βιόφιλτρων για την επεξεργασία αστικών αποβλήτων*, Χάνια
21. Φουντή, Μ., (2004), *Σύγχρονα συστήματα καύσης-Τεχνολογίες θερμικής αξιοποίησης αστικών απορριμμάτων*, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ
22. Χαραλαμπίδης, Ν., (2017), *Καύση αποβλήτων: Ακριβή-Αναποτελεσματική-Επικίνδυνη*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.oikologos.gr/>
23. ΧΥΤΑ Άρτας, <http://www.xyta-artas.gr/>

Ξενόγλωσσες

1. Albaladejo et al., (2010), *Wireless sensor networks for oceanographic monitoring: A systematic review*, *Sensors* 2010, 10:6948–6968
2. Alemayehu, E., (11.2004), *Solid and Liquid Waste Management*, Jimma University
3. Arctic Today, (18.09.2019.), *A new Arctic Council project aims to trace how plastics travel in the Arctic*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.arctictoday.com/a-new-arctic-council-project-aims-to-trace-how-plastics-travel-in-the-arctic/>
4. Australian Society of Cosmetic Chemists, *The Benefits of Cosmetics/Toiletries*, <https://www/ascc.com.au>
5. Balasubramanian, A., (11.10.2017), *Surface water runoff*, Centre for Advanced Studies in Earth Science, University of Mysore, India
6. Beavers, I., (2017), *Intelligence at the Edge Part 1: The Edge Node*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.analog.com/en/technical-articles/intelligence-at-the-edge-part-1-the-edge-node.html>
7. Berger, M., (02.04.2018), *Tracking Ocean Plastic Pollution From Space*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.newsdeeply.com/oceans/articles/2018/04/02/tracking-ocean-plastic-pollution-from-space>
8. Bertagna, P., (10.26.2010), *How does a GPS tracking system work?*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eetimes.com/how-does-a-gps-tracking-system-work/>
9. Bluebirdelectric, *Ocean Plastic International Rescue/ The Great North Pacific* http://www.bluebirdelectric.net/oceanography/Ocean_Plastic_International_Rescue/Plastic_The_Great_North_Pacific_Garbage_Patch.htm
10. Brown, E., (2015), *Fishing Gear 101: Gillnets – The Entanglers*, <http://safinacenter.org/2015/03/fishing-gear-101-gillnets-entanglers/>
11. Cesaro, A. et al., (2005), *Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use*, *Resources-Conservation and Recycling*, 94:73-79
12. Chaczko et al., (06.2018), *Towards an IOT Based System for Detection and Monitoring of Microplastics in Aquatic Environments*, 22nd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, Las Palmas, Spain
13. Coastalwiki, *Underwater video systems*, Άρθρο διαθέσιμο στο: http://www.coastalwiki.org/wiki/Underwater_video_systems
14. Concox™ Information & Technology Co., Ltd, <https://www.iconcox.com/>
15. Cook et al., (2013), *A smart home in a box*, *Computer* 2013, 46:62–69

16. Dameri et al., (2014), *Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space*, Springer: Cham, Switzerland
17. Ecagroup, *H1000/ROV/Remotely Operated Vehicle*, <https://www.ecagroup.com/>
18. Etransolutions, *GPS: The Grandfather of IoT*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://etransolutions.com/etrans/gps-the-grandfather-of-iot/>
19. Eunomia Research & Consulting Ltd., (2016), *Plastics in the marine environment*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eunomia.co.uk>
20. European Commission, *Litterdrone Project*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://litterdrone.eu/index.php/proyecto/?lang=en>
21. European Environment Agency, *Marine LitterWatch*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eea.europa.eu/themes/water/europes-seas-and-coasts/assessments/marine-litterwatch>
22. European Environmental Agency, (06.2018), *Marine Litter Watch: Citizens collect plastic and data to protect Europe's marine environment*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eea.europa.eu/publications/marine-litter-watch>
23. European Environmental Agency, *New mobile phone app will help track marine litter*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eea.europa.eu/highlights/new-mobile-phone-app-will>
24. European Environmental Agency, (2014), *Απορρίμματα στις θάλασσές μας*, Άρθρο διαθέσιμο: <https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2014/analytiki-proseggisi/aporrimmata-stis-thalasses-mas>
25. European Space Agency, (09.03.2018), *ESA investigating detection of floating plastic litter from orbit (ESA)*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://phys.org/news/2018-03-esa-plastic-litter-orbit.html>
26. Fagris et al., (09.2019), *Benthic litter density maps through low-cost underwater towed video camera surveys. An integrated approach*, 16th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes
27. Falkenberg, K., (2018), *Marine Litter: Time To Clean Up Our Act*, Environment European Commission
28. Fendall, L.S., (2009), *Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleanser. Mar. Pollut. Bull. 2009*, 58:1225–1228
29. Frost & Sullivan, *Growing Convergence of LPWAN & IoT Technologies*, MURATA Innovator in Technologies
30. Fulton et al., (24.09.2018), *Robotic Detection of Marine Litter Using Deep Visual Detection Models*, Department of Computer Science & Engineering, University of Minnesota
31. Galgani et al., (2011), *Marine Litter: Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements*, Marine Strategy Framework Directive (MSFD) Technical Subgroup on Marine Litter-European Commission
32. Gashaw, A., (2019), *Plastic Garbage Tracker*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.contest.techbriefs.com/2019/entries/electronics-sensors-iot/9580-0524-071332-plastic-garbage-tracker>

33. Globalstar, *Coverage Maps*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.globalstar.com/en-us/products/coverage-maps>
34. GSMA Company, *Edge computing in the IoT*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2018/11/IoT-Edge>
35. Haandel A. C. & Lettinga G., (1994), *Anaerobic Sewage Treatment*, Wiley Publishing
36. Hanke et al., (2017), *JRC Littercam for monitoring of riverine floating*, Joint Research Centre, European Commission
37. Harris, B., (12.06.2018), *The latest weapons in the fight against ocean plastic? Drones and an algorithm*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.weforum.org/agenda/2018/06/this-ai-is-learning-to-recognize-ocean-plastic-using-drone-photos/>
38. Hegde, Z., (15.03.2018), *IoT solution helps German researchers tackle North Sea plastic pollution drift*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.iot-now.com/2018/03/15/78795-iot-solution-using-spot-trace-helps-german-researchers-tackle-plastic-pollution-drift-europes-north-sea/>
39. Helicopterhelmet, *SPOT Trace Satellite Based Asset Tracking Device*, Άρθρο διαθέσιμο στο: https://helicopterhelmet.com/SPOT-TRACE--Satellite-Based-Asset-Tracking-Device_p_1528.html
40. International Maritime Organization (IMO), *Marine Litter*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/marinelitter/Pages.default.aspx>
41. IoTforall, (22.01.2019), *IoT Applications in Waste Management*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.iotforall.com/iot-applications-waste-management/>
42. Janguir, M., (16.09.2019), *How Smart Waste Management is Making Waste Collection Efficient*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.rtinsights.com/iot-makes-smart-waste-management-efficient/>
43. Javali et al., (2015), *Satellite Based IoT for Mission Critical Applications*, CMR Institute of Technology, Bangalore, India
44. Jiang, (2008), *Underwater acoustic networks—issues and solutions*, *Int. J. Intell. Control Syst.* 13, 152–161
45. Kale, A., (31.01.2018), *Object Detection in Dynamic Environmental Conditions using Evolutionary Multimodal Approach*, University of Technology Sydney New South Wales, Australia
46. Katsanevakis et al., (2007), *Effect of marine pollution litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms*, *Marine Pollution Bulletin*, 54:771-778 (SCUBA)
47. Khan et al., (17.12.2012), *Future Internet: The Internet of Things architecture, Possible applications and key challenges*, Proceedings of the 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT), Islamabad, India
48. Laird, J., (28.04.2014), *SPOT Trace Antitheft Tracking Device Review*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.techradar.com/reviews/car-tech/in-car-gadgets/spot-trace-anti-theft-tracking-device-1245673/review>

49. Lazo, R., *Towed Underwater Video*, <http://www.rodrigolazo.com/projects-research/towed-underwater-video-sled-1>
50. Loyds Register, *MARPOL-International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*, Άρθρο διαθέσιμο στο: lr.org/en/marpol-international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships
51. Marine Debris Program Office of Response/Restoration, *Marine Debris Tracker App*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://marinedebris.noaa.gov/partnerships/marine-debris-tracker>
52. Martinez et al., (2019), Measuring Marine Debris from Space: Initial Assessment of Observation Requirements, *Remote Sens.* 2019, 11:2443-2463
53. Maximenko et al., (2019), Toward the Integrated Marine Debris Observing System, *Front.Mar.Sci.*, 6:447
54. Mejia-Muñoz, J. (30. 06. 2019), *8 GPS Garbage Trackers. One Lone Ship. 40 Tons Out of the Ocean. Proof of Concept*, Διαθέσιμο στο: <https://www.kqed.org/science/1944183/pacific-plastic-purge-attempt-serves-as-a-reminder-of-the-daunting-task-ahead-gps-tracker-helps-collect-40-tonnes-of-plastic-in-pacific-ocean>
55. Mekki et al., (20.12.2017), A Comparative Study of LPWAN Technologies for Large-scale IoT Deployment, *ICT Express*, 1:6
56. Metcalf & Eddy, (1991), *Wastewater Engineering- Treatment and Reuse*, τόμος Α, Εκδόσεις Τζιόλα
57. Muttucumaru, A., (2018), *Beauty plastic packaging: How beauty brands are stepping up for the planet*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.getthegloss.com/article/plastic-and-beauty-products-how-brands-are-stepping-up-for-the-planet>
58. Neeco Enterprise IoT solutions, <https://iot.neeco.com/>
59. New South Wales Environmental Protection Authority, *Using bottles to track the movement of litter*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.epa.nsw.gov.au/your-environment/litter-and-illegal-dumping/epa-work-prevent-litter/using-bottles-track-litter>
60. Newsnowfinland, *Debris Sea: Tackling Finland's Plastic Waste Problem*, <https://newsnowfinland.fi/news-now-original/debris-sea-tackling-finlands-plastic-waste-problem>
61. NOWPAP MERRAC, (2013), *Negative Impacts of Marine Litter in the NOWPAP Region: Case Studies*, Daegeon, Republic of Korea
62. Plepiene et al., (2018), *Overview of available methods to monitor marine plastic litter*, IVL Swedish Environmental Research Institute
63. Porter et al., (2005), Wireless sensor networks for ecology, *AIBS Bull.* 55:561–572
64. Qu et al., (2017), LEO satellite constellation for Internet of Things, *IEEE Access*, 5:18391-18401
65. Quertel Company, *Quertel LTE BC95-G NB-IoT node*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.quertel.com/product/bc95g.htm>
66. RAK Company, *RAK7205 LoRa Tracker Node*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://store.rakwireless.com/products/rak7205-lora-tracker-node>

67. Roe, N., (1998), Compost utilization for vegetable and fruit crops, *Hortscience* 33, 6:934-937
68. Roser, M; Ritchie H., (09.2018), *Plastic Pollution*, Άρθρο διαθέσιμο στο:<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>
69. Safety4sea, *Marine Debris: How long until it's gone?*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://safety4sea.com/marine-debris-long-gone/>
70. Safety4Sea, (20.07.2019), *GPS tracker helps collect 40 tons of plastic in Pacific Ocean*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://safety4sea.com/gps-tracker-helps-collect-40-tonnes-of-plastic-in-pacific-ocean/>
71. Salman & Jain, (2017), *Networking protocols and standards for Internet of Things*, Available online: <https://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119173601.ch13>
72. Scistarter, *Marine Debris Tracker*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://scistarter/marine-debris-tracker>
73. Sensoneo, *Waste management solution for city*, <https://sensoneo.com/smart-waste-management-for-cities>
74. Shenzhen Eelink Communication Technology Co Ltd, <https://www.eelinktech.com/>
75. Sussarellu et al., (2016), Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 113:2430–2435
76. Taelman et al, (26.06.2018), A Holistic Sustainability Framework for Waste Management in European Cities: Concept Development, *Sustainability* 2018, 10:2184
77. Talcott, C., (2008), *Cyber-physical systems and events: In Software-Intensive Systems and New Computing Paradigms*, 101–115, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany
78. Telia Company, *Smart waste collection in Bornholm with NB-IoT*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.teliacompany.com/en/news/news-articles/2018/smart-waste-collection-in-bornholm-with-nb-iot/>
79. Teltonika SAS, *Internet of Things*, <https://teltonika-sas.com/>
80. Ten Brink et al., (10.2016), *Plastics Marine Litter and the Circular Economy*, A briefing by IEEP for the MAVA Foundation
81. Tsakona et al., (09.2017), *How to prevent Marine Plastic Litter-now!*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://marinelitter.iswa.org/marine-task-force-report-2017/>
82. U.S Geological Survey (USGS), *Runoff: Surface and Overland Water Runoff*, Άρθρο διαθέσιμο στο:https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/runoff-surface-and-overland-water-runoff?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
83. UN Environment (2017). *Marine Litter Socio Economic Study*, United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya
84. UN Environment, *Trash Free Waters Initiative in the Caribbean*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://cep.unep.org/trash-free-waters-initiative-in-the-caribbean>
85. Ungurean et al., (29.05.2014), *An IoT architecture for things from industrial environment*, Proceedings of the 10th International Conference on Communications (COMM), Bucharest, Romania

86. Van Acoleyen et al., (27.10.2014), *Marine Litter study to support the establishment of an initial quantitative headline reduction target*, European Commission DG Environment, Project number BE0113.000668
87. Vandermeersch et al., (2015), *A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms*, *Environ. Res.* 2015, 143:46–55
88. Van Kranenburg, (2008), *The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-Seeing Network of Rfid*, Institute of Network Cultures: Amsterdam, The Netherlands
89. Van Sebille et al. (2019). *TOPIOS: Tracking of Plastic in our Seas*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.topios.org>
90. Velis et al., (2017), *Plastic Marine Litter*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.uest.ntua.gr>
91. Velz, C.J., (1998), *A basic law for the performance of biological filters*, *Sewage Works Journal*, Vol. 20, No 607.
92. Wu et al., (20.08.2010), *Research on the architecture of Internet of Things*, Proceedings of the 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), Chengdu, China
93. WWF, (2018), *Η Μεσόγειος εκπέμπει SOS καθώς κινδυνεύει να μετατραπεί σε μια πλαστική θάλασσα*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.wwf.gr/news/2092-sos-2>
94. Xu et al., (2014), *Applications of wireless sensor networks in marine environment monitoring: A survey*, *Sensors* 2014, 14:16932–16954
95. Xu et al., (2019), *Internet of Things in Marine Environment Monitoring: A Review*, *Sensors* 2019, 19:1711
96. Yang et al., (2018), *Internet of Things in manufacturing: An overview*, *IEEE SMC Mag.*, 4:6–15
97. Yang et al., (26.07.2011), *Study and application on the architecture and key technologies for IoT*, Proceedings of the 2011 International Conference on Multimedia Technology (ICMT), Hangzhou, China
98. Zaman, A., (02.08.2011), *Identification of waste management development drivers and potential emerging waste treatment technologies*, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 10:455–464
99. Zhang et al., (2017), *Characteristics of rainfall and runoff in different extreme precipitation events in the Beijing mountain area*, Beijing forestry university, China
100. Zhu et al., (2015), *Toward practical mac design for underwater acoustic networks*, *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2015, 14:872–886