



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Π.Μ.Σ.: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ,
ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΕΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Τα story maps ως εργαλείο ενημέρωσης για την θαλάσσια ρύπανση από πλαστικά»

Λαζαρίδου Κυριακή Α.Μ.: 20155

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αντωνίου Βαρβάρα

Τριμελής επιτροπή: Αντωνίου Β., Ευελπίδου Ν., Λόζιος Σ.

ΑΘΗΝΑ, 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	3
1. Εισαγωγή	4
2. Θαλάσσια ρύπανση	5
2.1. Πλαστικά	6
2.2. Ρύπανση από πλαστικά	16
2.3. Τρόποι αντιμετώπισης της ρύπανσης	33
3. Αφηγηματικοί χάρτες	42
4. Story map για τη θαλάσσια ρύπανση	47
5. Περιγραφή του story map που δημιουργήθηκε	48
Επίλογος	58
Βιβλιογραφία	59

Πρόλογος

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη του προβλήματος των πλαστικών και της ρύπανσης γενικότερα, στη θάλασσα. Μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής Story Maps της πλατφόρμας ArcGIS της ESRI, επιχειρείται η οπτικοποίηση της ανάδειξης του προβλήματος αυτού. Με τη χρήση χαρτών, φωτογραφιών και βίντεο, διευκολύνεται η ροή της αφήγησης, επισημαίνοντας τα κυριότερα σημεία του προβλήματος. Τα story maps βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση της επίδρασης των πλαστικών στη φύση, καθώς και στην ευαισθητοποίηση των πολιτών.

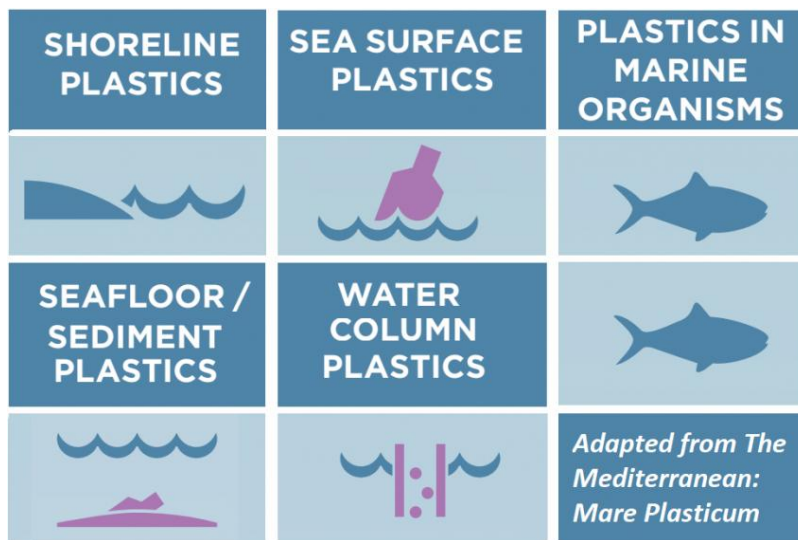
Λέξεις κλειδιά: Story maps, πλαστικά, θαλάσσια ρύπανση

1. Εισαγωγή

Οι εφαρμογές της πλατφόρμας ArcGIS είναι ένα βασικό εργαλείο ενσωμάτωσης δεδομένων και πολυμέσων από διάφορες πηγές. Αρκετοί ερευνητές μάλιστα, αναπτύσσουν οι ίδιοι εφαρμογές για την καλύτερη ανάλυση των δεδομένων. Στην παρούσα εργασία, αξιοποιείται η εφαρμογή ArcGIS StoryMaps της ESRI με στόχο την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών για τα προβλήματα που δημιουργεί η ρύπανση της θάλασσας. Η εφαρμογή ArcGIS StoryMaps παρέχει ένα πλαίσιο στο οποίο μπορούν να προστεθούν μαζί με το κείμενο, φωτογραφίες, βίντεο και χάρτες, υπογραμμίζοντας έτσι τα βασικά σημεία της θαλάσσιας ρύπανσης, μεταφέροντας το μήνυμα παγκοσμίως.

2. Θαλάσσια ρύπανση

Θαλάσσια ρύπανση είναι το σύνολο στοιχείων στο υδάτινο περιβάλλον, που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στα ζώα, στα φυτά ή και στον άνθρωπο. Αν οι ποσότητες των βλαβερών ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον παραμένουν σε χαμηλό ποσοστό, τότε δεν δημιουργείται κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα στο οικοσύστημα. Ωστόσο, όταν τα τοξικά και βλαβερά στοιχεία που καταλήγουν στον υδροφόρο ορίζοντα είναι αυξημένης ποσότητας, τότε είναι δύσκολο να μην προκληθούν ζημιές και προβλήματα στα φυτά, στα ζώα και γενικότερα σε όλο το υδάτινο οικοσύστημα (Woodford, 2017).



Εικ. 1: Πλαστικά σε όλη τη στήλη του νερού

https://www.iucn.org/sites/dev/files/styles/graphics/public/marine_plastic_pollution_graph-1.png?itok=UBcRzmNW

2.1.Πλαστικά

Τα πλαστικά είναι συνθετικά οργανικά πολυμερή που μπορούν εύκολα να πάρουν διαφορετικά σχήματα και να διαμορφωθούν σε προϊόντα για μεγάλη ποικιλία χρήσεων. Εφευρέθηκαν μόλις πριν από 110 χρόνια (Baekeland LH.) και πλέον τα πλαστικά είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες ανθρωπογενείς ουσίες και βρίσκονται συνεχώς σε κάθε πτυχή της ζωής και καθημερινότητάς μας. Από ιατρικές προμήθειες και μπουκάλια νερού έως συσκευασίες τροφίμων, ρούχα και υλικά κατασκευής, σε κάθε άτομο αναλογεί πλέον ένας μέσος όρος 52 κιλών πλαστικών απορριμμάτων κάθε χρόνο (με βάση μια έρευνα που έγινε σε 192 χώρες). Οι γεωλόγοι εξετάζουν τώρα έναν πλαστικό ορίζοντα στα εδάφη και τα ιζήματα ως έναν από τους βασικούς δείκτες που σηματοδοτούν την τρέχουσα γεωλογική εποχή, το Ανθρωπόκαινο (Waters CN., et al., 2016). Για δεκαετίες η απελευθέρωση του πλαστικού στο περιβάλλον θεωρούνταν ακίνδυνη. Εν τέλει, έχουν προκαλέσει ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων στο περιβάλλον, τους ανθρώπους και στα ζώα. Η πλαστική ρύπανση έχει πλέον αναγνωριστεί ευρέως ως σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση (Rochman CM., et al., 2013, GESAMP, 2016), ιδιαίτερα στους ωκεανούς όπου η βιοφυσική διάσπαση των πλαστικών είναι αρκετά πιο αργή από ότι στη ξηρά (Thompson RC, 2004, Derraik JG. 2002). Οι επιπτώσεις στην άγρια ζωή είναι σοβαρές (Wilcox C, van Sebille E, Hardesty BD. 2015, GESAMP, 2015, Kaiser J. 2010) και οι επιλογές για αφαίρεση των πλαστικών από το περιβάλλον είναι πολύ περιορισμένες (Jambeck JR et al., 2015, Thompson RC, 2004, Wilcox C, van Sebille E, Hardesty BD. 2015).

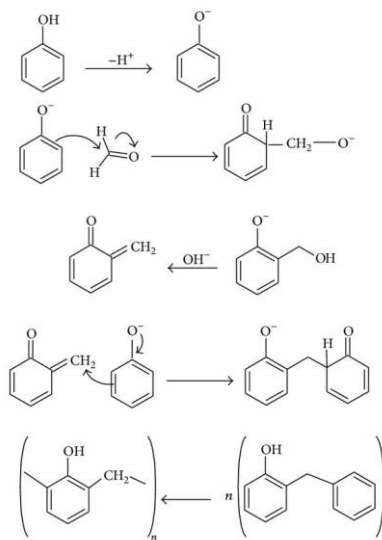
Τα θερμοπλαστικά, το πολυθυλένιο, το πολυπροπυλένιο, το πολυστυρένιο και το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στη βιομηχανία συσκευασίας. Αυτά τα υλικά έχουν πλεονεκτήματα, όπως η αντοχή, η ελαφρότητα και η χαμηλή διαπερατότητα σε αέρια και υγρά. Όλα αυτά έχουν αποφέρει μεγάλα οφέλη, για παράδειγμα, στη συσκευασία τροφίμων και ποτών. Οι πολύ χαμηλοί ρυθμοί της περιβαλλοντικής υποβάθμισης για αυτά τα υλικά έχουν ταυτόχρονα δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα διάθεσης απορριμμάτων. Οι χημικοί πολυμερών, μέσα από πειράματα και έρευνες, έχουν καταβάλει τεράστιες προσπάθειες τα τελευταία χρόνια ώστε να παραχθούν πλαστικά που να έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται στην αποικοδόμηση από τη θερμότητα, το οξυγόνο και το υπεριώδες φως. Τα τελευταία χρόνια, γίνονται προσπάθειες να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα που προκύπτουν από την ρύψη απορριμμάτων που δημιουργούνται από τα πλαστικά, ενώ εκτεταμένη έρευνα γίνεται για την παραγωγή πλαστικών ειδών που να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να υποβαθμίζονται γρήγορα και προβλέψιμα στο περιβάλλον, στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους.

Τα περισσότερα αποικοδομήσιμα πλαστικά έχουν αναπτυχθεί για χρήση σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Οι τρέχουσες εφαρμογές αποικοδομήσιμων πλαστικών είναι για, σακούλες παντοπωλείου, σακούλες

απορριμμάτων, σακούλες κομποστοποίησης, μεμβράνες και πάνες μιας χρήσης. Αυτά τα είδη προκαλούν ρύπανση και εμπλοκή στα θαλάσσια περιβάλλοντα, διότι παραμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η δημιουργία απορριμμάτων ήταν και συνεχίζει να είναι ένα σημαντικό πρόβλημα, και ακόμη και τα πλαστικά που έχουν σχεδιαστεί για να είναι αποικοδομήσιμα, είναι γενικά αργά στην αποικοδόμηση. Η απειλή για τη θαλάσσια ζωή θα εξακολουθεί να υπάρχει εάν οι ρυθμοί αποικοδόμησης των πλαστικών είναι ανεπαρκώς γρήγοροι, διότι έτσι θα είναι πολύ εύκολο να παγιδευτούν τα θαλάσσια ζώα. Καθώς τα πλαστικά αντικείμενα αποσυντίθενται σε μικρά κομμάτια, γίνονται όλο και πιο διαθέσιμα για κατάποση, πράγμα επικίνδυνο για τα θαλάσσια ζώα και πτηνά (Quayle D. V., 1992).

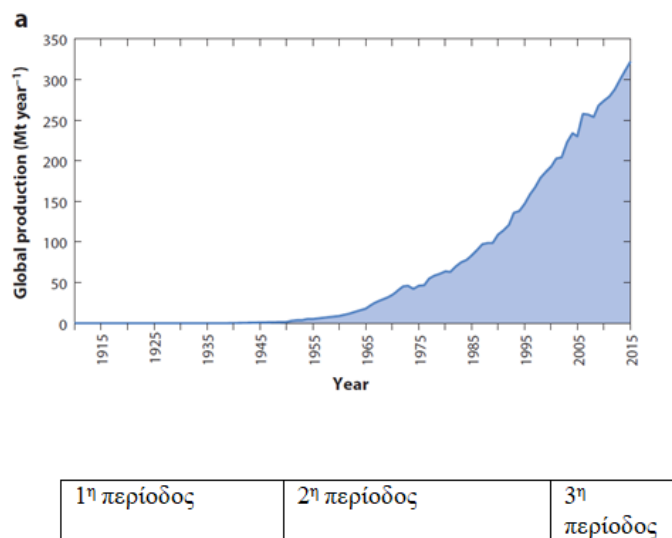
Τα πλαστικά στο περιβάλλον είναι μια επίμονη μορφή ρύπανσης, με ομοιότητες που μοιάζουν με τους έμμοτους οργανικούς ρύπους (POPs). Οι POP ορίζονται στη Σύμβαση τους Στοκχόλμης για τους έμμοτους οργανικούς ρύπους (UNEP, 2001) ως δυνητικά επιβλαβείς οργανικές ενώσεις που αντιστέκονται στην περιβαλλοντική τους υποβάθμιση μέσω χημικών, βιολογικών και φωτολυτικών διεργασιών. Λόγω της επίμονης συσσώρευσής τους στους οργανισμούς και στο περιβάλλον, οι POP βρίσκονται παντού σε όλο τον κόσμο, προκαλώντας σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Όταν απελευθερώνονται στο περιβάλλον, τα πλαστικά πληρούν ορισμένα κριτήρια για τους POPs (Persistent Organic Pollutants). Τα κριτήρια αυτά είναι ότι είναι οργανικές ουσίες, επιμένουν και συσσωρεύονται στο περιβάλλον και τους οργανισμούς για μεγάλα χρονικά διαστήματα και μπορούν να προκαλέσουν ένα ευρύ φάσμα θανατηφόρων επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της πολύπλοκης τοξικολογίας πλαστικών σωματιδίων μεγέθους μικρομέτρων έως νανομέτρων που ήρθαν στο φως πρόσφατα (Sussarellu R., et al., 2016, Lönnstedt OM, Eklöv P. 2016, Galloway TS, Lewis CN. 2016, Woodall LC et al., 2014, Farrell P, Nelson K. 2013). Σε αντίθεση με τους POP, οι οποίοι βήμα – βήμα καταργούνται, βάσει της Σύμβασης της Στοκχόλμης, η παραγωγή και η επακόλουθη απελευθέρωση στο περιβάλλον εξακολουθούν να αυξάνονται σημαντικά για τα πλαστικά. Σε αντίθεση με τα POP, τα πλαστικά αποτελούν μια μεγαλύτερη κατηγορία χιλιάδων συνδυασμών πολυμερών και προσθέτων που χρησιμοποιούνται σχεδόν σε κάθε τομέα της καθημερινής ζωής, με κρίσιμες εφαρμογές (π.χ. στον ιατρικό τομέα), αλλά και με καλύτερες επιλογές για ανακύκλωση και ασφαλή απόρριψη. Ως εκ τούτου, το πρόβλημα της επίμονης πλαστικής ρύπανσης που αντιμετωπίζει ο πλανήτης, απαιτεί ένα προσαρμοσμένο σύνολο λύσεων όπου θα πρέπει να περιγράφονται με κάθε λεπτομέρεια οι λύσεις, σε μια ειδική Παγκόσμια Σύμβαση για την πλαστική ρύπανση. Ένα τέτοιο διεθνές πρωτόκολλο, παρόμοιο με τη Σύμβαση της Στοκχόλμης, θα διευκόλυνε πολύ μια παγκόσμια συλλογική προσπάθεια ώστε να μετριαστεί ο αυξανόμενος ρυθμός της πλαστικής ρύπανσης και να περιοριστεί η μακροπρόθεσμη επίδρασή της στο περιβάλλον – και κατ' επέκταση και τους ανθρώπους (Worm B., et al., 2017). Οι

άνθρωποι τροποποιούσαν φυσικά υλικά όπως μέταλλα, πέτρες και άργιλο για χιλιετίες. Ωστόσο, τον 20^ο αιώνα υπήρξε μια θεμελιώδης απομάκρυνση από αυτή την κατεύθυνση μέσω της de novo σύνθεσης, η οποία είναι μια εντελώς νέα κατηγορία υλικών: των συνθετικών πολυμερών. Αν και φυσικά οργανικά πολυμερή, η κυτταρίνη ή το DNA βρίσκονται παντού στη φύση, οι χημικοί προσπάθησαν να κατανοήσουν τις ιδιότητες και τη δομή τους μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Ανεξάρτητα από αυτό, οι πρώτοι εφευρέτες όπως ο John Wesley Hyatt, άρχισαν να ασχολούνται με αυτά τα μόρια, τροποποιώντας χημικά την κυτταρίνη για να παράγουν τελικά το celluloid το 1870. Αυτό το δημοφιλές υλικό χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή βωβής ταινίας. Ωστόσο, το πρώτο πλήρως συνθετικό πολυμερές στον κόσμο, το οποίο ήταν και εμπορικής σημασίας, ήταν ο βακελίτης, που εφευρέθηκε το 1907 από τον Leo Baekeland. Ο ερευνητής, τους, επινόησε για πρώτη φορά τον όρο «πλαστικά», από τον ελληνικό όρο «πλαστικός», που σημαίνει «αποτυπώσιμος». Ο Baekeland ανάμειξε δύο κοινές χημικές ουσίες, τη φαινόλη και τη φορμαλδεΐδη και τους υπέβαλε σε θερμότητα και πίεση. Η ρητίνη που προέκυψε με την ονομασία βακελίτης (Baekeland LH. 1909) ήταν η αρχή για την Εποχή των Πλαστικών και εκτόξευσε την ανάπτυξη μιας παγκόσμιας βιομηχανίας τρισεκατομμυρίων δολαρίων που έβαλε σκοπό να μεταμορφώσει κάθε πτυχή της ανθρώπινης κατανάλωσης υλικών.



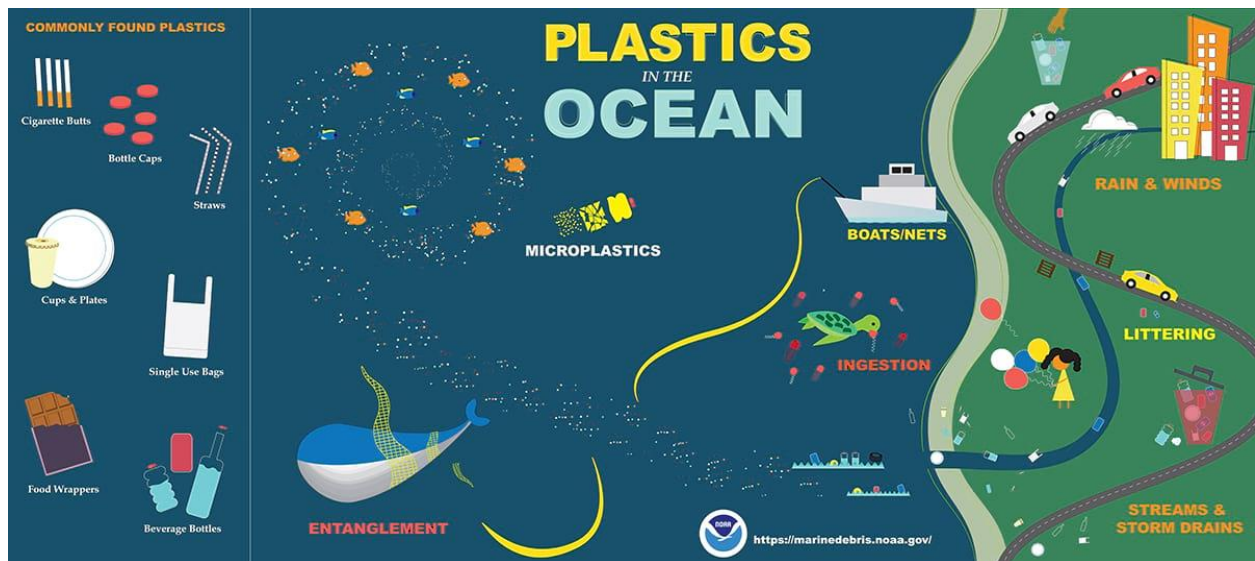
Εικ. 2: Δημιουργία Βακελίτη

Όταν ξεκίνησε η παραγωγή βακελίτη, το 1910, ήταν αρκετά αργή στην αρχή (ACS, 1993). Αλλά μέχρι το 1930, το προϊόν είχε εξαπλωθεί παντού, ιδιαίτερα στις αναδυόμενες βιομηχανίες ηλεκτρικής και αυτοκινητοβιομηχανίας, αλλά και στην επικοινωνία (ραδιόφωνα) και ακόμη και στη μόδα (κοσμήματα). Σε μια οραματική δήλωση που είχε κάνει η εταιρεία Bakelite υιοθέτησε σα σύμβολό τους το μαθηματικό σύμβολο για το άπειρο και το σύνθημά τους ήταν «το υλικό των 1000 χρήσεων» (ACS, 1993). Σύντομα, άλλα πολυμερή με βελτιωμένες ιδιότητες, όπως είναι η διαφάνεια ή η ικανότητα να συγκρατούν διαφορετικά χρώματα, ανακαλύφθηκαν και η εμπορική παραγωγή παρουσίασε κατακόρυφη αύξηση από τη δεκαετία του 1930 έως τη δεκαετία του 1950. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, η παραγωγή πλαστικών τετραπλασιάστηκε (σε ~ 360000 τόνους), ιδιαίτερα στις Ηνωμένες Πολιτείες, με αποτέλεσμα τα πλαστικά να καταφέρουν να επικρατήσουν. Για παράδειγμα, το πολυαμίδιο, το γνωστό νάιλον δηλαδή, χρησιμοποιήθηκε εκτενώς στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο για την κατασκευή αλεξίπτωτων. Μετά τον πόλεμο, το υλικό αυτό προσαρμόστηκε σε άλλες χρήσεις και χρησιμοποιήθηκε ευρέως στο εμπόριο για ρούχα. Έκτοτε, η παραγωγή πλαστικών αυξήθηκε σχεδόν 1000 φορές, ξεπερνώντας κατά πολύ τον παγκόσμιο πληθυσμό ή την οικονομική ανάπτυξη. Από το 2000, ωστόσο, ο ετήσιος ρυθμός της παγκόσμιας παραγωγής πλαστικών έχει επιβραδυνθεί και προσθέτει περίπου 3 – 4% ετησίως (Plastics Europe, 2016), ποσοστό που πλησιάζει την ετήσια αύξηση του παγκόσμιου ΑΕΠ. Αυτό υποδηλώνει τρεις διακριτές περιόδους στην παραγωγή πλαστικών: από το 1910 – 1950 ήταν η περίοδος που εφευρέθηκαν τα πλαστικά και ξεκίνησε σιγά – σιγά η παραγωγή και ανάπτυξή τους, δοκιμάστηκαν και κυκλοφόρησαν στην αγορά ως καινοτόμα υλικά. Από το 1950 ως το 2000 υπήρξε ραγδαία, εκθετική ανάπτυξη, καθώς η χρήση πλαστικών επεκτάθηκε παγκοσμίως και εξαπλώθηκε σε νέες εφαρμογές. Από το 2000 – 2015 σημειώθηκε πιο γραμμική ανάπτυξη σε συνδυασμό με την οικονομική ανάπτυξη. Γενικότερα, είναι γνωστό ότι η κατανάλωση και η παραγωγή αποβλήτων τείνουν να αυξάνονται με την αύξηση του πλούτου και της οικονομικής ανάπτυξης (Wilson DC, 2015). Έτσι, στο μέλλον μπορεί να υπάρξει κορεσμός των παγκόσμιων αγορών και σταθεροποίηση (ή μείωση) της παγκόσμιας παραγωγής πλαστικών.



Εικ. 3: Αύξηση πλαστικών από το 1910 – 2015 (επεξεργασμένο διάγραμμα από το άρθρο Plastic as a Persistent Marine Pollutant, Worm B., et al., 2017)

Οι ανησυχίες για την απελευθέρωση πλαστικού στο περιβάλλον ήταν αρχικά ανύπαρκτες. Το υλικό θεωρήθηκε αβλαβές, λόγω της αδράνειάς του και της αντιληπτής έλλειψης τοξικότητας. Ως αποτέλεσμα, εκτιμάται ότι συνολικά 5000 Mt τόνοι πλαστικού έχουν απορριφθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής και στο περιβάλλον από το 1950 (Geyer R, Jambeck JR, Law KL., 2017). Αυτό οδήγησε σε αυξανόμενη ανησυχία για τη ρύπανση που μπορούσε να προκληθεί από τα πλαστικά, ιδιαίτερα στους ωκεανούς, με ορισμένες κυβερνήσεις να κάνουν κάποιες ενέργειες για να ανακόψουν το αυξανόμενο κύμα πλαστικών θραυσμάτων. Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) υπογράφηκε το 1973, αν και η πλήρης απαγόρευση της απόρριψης πλαστικών στη θάλασσα θεσπίστηκε κάποια χρόνια αργότερα, μόλις στα τέλη του 1988 (IMO, 1988). Ταυτόχρονα, οι πρακτικές διάθεσης απορριμμάτων και οι ικανότητες ανακύκλωσης βελτιώθηκαν, ιδιαίτερα σε βιομηχανικές χώρες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση των απορριμμάτων και τη μείωση απελευθέρωσης πλαστικών απορριμμάτων στο περιβάλλον. Αν και το πλαστικό καταναλώνεται παγκοσμίως, ο τρόπος διαχείρισής του και η ρύπανση των απορριμμάτων, διαφέρει σημαντικά μεταξύ των περιοχών. Το μεγαλύτερο ποσοστό του πλαστικού εισέρχεται πλέον στον ωκεανό από χερσαίες πηγές, συχνά μέσω ποταμών, εκροών λυμάτων και μεταφοράς με άνεμο ή παλίρροιες (Jambeck JR., et al., 2015). Η συνολική απελευθέρωση πλαστικών απορριμμάτων στη θάλασσα παγκοσμίως, σύμφωνα με μελέτη που έγινε το 2010, εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 4,8 – 12,7 Mt (Jambeck JR., et al., 2015), περίπου ίση με την απόρριψη ενός απορριματοφόρου γεμάτο πλαστικό, κάθε λεπτό (United Nations (UN) Newscentre, 2017).



Εικ. 4: Κατάληξη πλαστικών από τη ξηρά στη θάλασσα

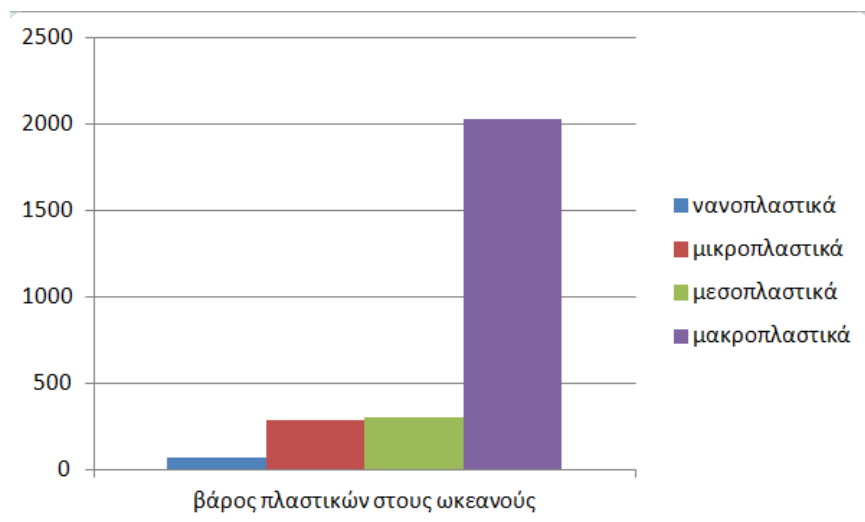
(https://aambpublicoceanservice.blob.core.windows.net/oceanserviceprod/hazards/marinedebris/plastics_in_the_ocean_lesstext.jpg)

Η διακύμανση μεταξύ των χωρών πιστεύεται ότι οφείλεται στις διαφορές του πληθυσμού που κατοικούν στις ακτές, στην κατανάλωση πλαστικών ανά άτομο και στις πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων. Μεταξύ 2 και 90% των απορριμμάτων των επιμέρους χωρών δε διαχειρίζονται σωστά, που σημαίνει ότι δεν ανακυκλώνονται ή δεν απορρίπτονται πλήρως σε διαχειριζόμενο χώρο υγειονομικής ταφής. Μεταξύ 2 και 25% αυτών των κακώς διαχειριζόμενων απορριμμάτων, είναι πλαστικό (Jambeck JR., et al., 2015). Οι μελλοντικές προβλέψεις για την παραγωγή πλαστικών και τη ρύπανση είναι αβέβαιες επειδή υπάρχουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την παγκόσμια χρήση και τα πρότυπα απόρριψης. Για παράδειγμα, εάν η παραγωγή των πλαστικών συνεχίζονταν με το ρυθμό που γινόταν όταν είχε πρωτοξεκινήσει η παραγωγή τους, αυτό θα σήμαινε ότι έως το 2050 θα είχαν παραχθεί περίπου 33.000 Mt πλαστικού (ρητίνη συν πρόσθετα) σε μια ιστορία 100 ετών ευρείας χρήσης (Rochman CM., et al., 2013), ή 100 φορές το βάρος του πλαστικού σε ανθρώπινο πληθυσμό τώρα. Αν υποθέσουμε ότι δεν υπάρχουν αλλαγές στην υποδομή διαχείρισης απορριμμάτων, η συνολική ποσότητα πλαστικών απορριμμάτων που υπάρχει αυτή τη στιγμή διαθέσιμη για να εισέλθει στο θαλάσσιο περιβάλλον από τη ξηρά, θα μπορούσε να αυξηθεί κατά μια τάξη μεγέθους ακόμη και την επόμενη δεκαετία (2015 – 2025) σε ένα σύνολο 150 Mt (Jambeck JR., et al., 2015). Αυτό είναι σχεδόν διπλάσιο από το βάρος των ετήσιων αλιευμάτων θαλάσσιων ψαριών που αναφέρθηκαν στον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, 2016). Ωστόσο, αυτά τα σενάρια φαίνονται λιγότερο πιθανά εάν ληφθεί υπόψη η τάση για μείωση της παραγωγής και χρήσης πλαστικών σε ορισμένες περιοχές όπως η Ευρώπη (Plastics Europe, 2016), η βελτιωμένη διαχείριση απορριμμάτων σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες, όπως είναι

η Βραζιλία και η Κίνα (Wilson DC, 2015) και η αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με τη ρύπανση του περιβάλλοντος και τους σχετικούς κινδύνους για την υγεία.

Υπάρχουν διαφορετικά είδη πλαστικών τα οποία διαφέρουν ως προς τη χημική τους σύνθεση αλλά και τις επιπτώσεις που προκαλούν στο περιβάλλον. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα πλαστικά με διαφορά είναι το πολυπροπυλένιο (PP) και το πολυαιθυλένιο (PE). Το μεγαλύτερο μέρος από αυτά χρησιμοποιείται για την κατασκευή εύκαμπτων μεμβρανών και υλικών για συσκευασία, αλλά και για ανταλλακτικά αυτοκινήτων, σωλήνων και οικιακών ειδών. Το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) και η πολουρεθάνη (PU) χρησιμοποιούνται συχνά στις κατασκευές και στην αυτοκινητοβιομηχανία. Το τereφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) χρησιμοποιείται για υφαντικές ίνες και μπουκάλια ποτών και το πολυστυρένιο (PS) σε συσκευασίες (Styrofoam TM) και στις μονώσεις κτιρίων. Το πολυανθρακικό (PC) χρησιμοποιείται σε σκληρά, διαφανή προϊόντα, όπως είναι τα γυαλιά οράσεως. Μαζί όλα αυτά τα πλαστικά, αποτελούσαν το περισσότερο από 80% της χρήσης πλαστικού στην Ευρώπη, σύμφωνα με έρευνα, το 2016 και ένα μεγάλο κλάσμα της παγκόσμιας παραγωγής πλαστικών (Plastics Europe, 2016). Τα περισσότερα πλαστικά πολυμερή έχουν από τη φύση τους χαμηλή τοξικότητα εξαιτίας της αδιαλυτότητάς τους στο νερό και επειδή είναι βιοχημικά αδρανή, λόγω του μεγάλου μοριακού βάρους τους. Ωστόσο, όλα τα πλαστικά είναι κατασκευασμένα από μονομερή χημικά τα οποία στη συνέχεια συνδυάζονται και σχηματίζουν τα συνθετικά πολυμερή. Πολλά μονομερή, όπως το στυρόλιο ή το χλωριούχο βινύλιο, είναι τοξικά και καρκινογόνα και τα υπολείμματα μονομερών σε πλαστικά προϊόντα μπορεί να είναι επικίνδυνα (FAO, 2016). Τέσσερα πλαστικά (PVC, PU, PS και PC) που αποτελούν περίπου το 30% της παγκόσμιας παραγωγής, θεωρούνται ιδιαίτερα προβληματικά καθώς συχνά περιέχουν επικίνδυνα μονομερή ή πρόσθετα (Rochman CM., et al., 2013). Τέτοια πρόσθετα περιλαμβάνουν πλαστικοποιητές που ιδιότητά τους είναι να ρυθμίζουν την υφή, χρωστικές ουσίες, αντιμικροβιακά, επιβραδυντικά φλόγας και ουσίες που μπορούν να αλλάξουν τις ιδιότητες του υλικού με διάφορους, επιθυμητούς τρόπους (Deanin RD. 1975). Αυτές οι ουσίες μπορούν να παρουσιάσουν κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου και άλλων ειδών (Rochman CM. 2015, Koch HM, Calafat AM. 2009), καθώς και να περιορίσουν ή ίσως και να εκμηδενίσουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης υλικών. Ένα τέτοιο υλικό είναι η Δισφαινόλη Α (BPA), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή πλαστικών μπουκαλιών νερού, για υπολογιστές και ρητίνες, που χρησιμοποιούνται σε δοχεία τροφίμων, αλλά έχει τεθεί υπό έλεγχο, διότι οι ιδιότητές τους μιμούνται τα οιστρογόνα, μια ομάδα ορμονών στον άνθρωπο. Ομοίως, ορισμένοι, συχνά χρησιμοποιούμενοι πλαστικοποιητές (αδιπικά και φθαλικά) έχουν ιδιότητες που μοιάζουν με ορμόνες και προστίθενται συχνά σε πλαστικά που είναι εύθραυστα, όπως το PVC για να τα κάνουν αρκετά εύκαμπτα ώστε να χρησιμοποιηθούν σε συσκευασίες τροφίμων, παιχνίδια και πολλά άλλα είδη καθημερινής χρήσης (Koch HM, Calafat AM. 2009).

Εκτός από τη χημική τους σύσταση, τα πλαστικά μπορούν να ταξινομηθούν ανά κατηγορία μεγέθους. Το πιο διαδεδομένο σύστημα ταξινόμησης είναι των da Costa et al. (2016) και Eriksen et al. (2014), διακρίνει τα πλαστικά σε νανοπλαστικά (<1 μm σε διάμετρο), μικροπλαστικά σωματίδια (1 μm – 5 mm), μεσοπλαστικά (5 – 200 mm) και μακροπλαστικά (>200 mm). Τα μικροπλαστικά μπορούν να παραχθούν αυτούσια, για παράδειγμα ως πλαστικά σφαιρίδια που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την κατασκευή μεγαλύτερων αντικειμένων ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω μηχανικής διάσπασης μεγαλύτερων πλαστικών αντικειμένων, για παράδειγμα όταν ένα πλαστικό σχοινί αποσυντίθεται σε λεπτότερα νήματα (π.χ. μικροϊνες). Τα μικροπλαστικά βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες ως συστατικά σε προϊόντα καθαρισμού και καλλυντικών (π.χ. μικροσφαιρίδια σε κρέμες προσώπου και οδοντόκρεμα), αλλά η χρήση τους σε ορισμένα προϊόντα προσωπικής φροντίδας καταργείται πλέον σταδιακά στις Ηνωμένες Πολιτείες, στον Καναδά και σε ορισμένες άλλες χώρες. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μια αυξανόμενη ανησυχία για τα μικροπλαστικά, μεγέθους <1 mm, λόγω της μεγάλης αφθονίας τους στον αέρα, το νερό, τα ιζήματα και τους οργανισμούς (GESAMP, 2015, Galloway TS, Lewis CN. 2016, Woodall LC et al., 2014) και λόγω της αόρατης φύσης τους και της ικανότητάς τους να μεταφέρονται μέσω της τροφικής αλυσίδας και να περνούν στους ζωντανούς ιστούς. Πολύ μικρά νανοπλαστικά (<1 μm) που έχουν μελετηθεί πρόσφατα (Cole M, Galloway TS. 2015, da Costa et al., 2016) βρέθηκε ότι σχηματίζονται κατά τη διάρκεια βιομηχανικών διεργασιών, όπως είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση και μέσω της φυσικής διάσπασης των μικροπλαστικών. Σε εργαστηριακές μελέτες που έχουν γίνει για τα νανοπλαστικά, έχει βρεθεί ότι είναι τοξικά (da Costa et al., 2016), αλλά η αφθονία και οι επί τόπου επιδράσεις τους στο περιβάλλον δεν έχουν ποσοτικοποιηθεί επαρκώς.



Εικ. 5: Γράφημα που δείχνει τις ποσότητες των πλαστικών στον ωκεανό

(επεξεργασμένα δεδομένα από το άρθρο Plastic Pollution in the World's Ocean: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250000 tons afloat at sea. Eriksen M., et al., 2014)

Ως πηγή άνθρακα, τα πλαστικά υλικά θα μπορούσαν να αποτελούν πηγή για βακτήρια, φύκια ή μύκητες που μπορούν να διασπάσουν τις πολυμερείς αλυσίδες. Το κατά πόσο συνηθισμένο είναι αυτό στη φύση και αν και πόσο αυτή η διαδικασία συμβάλλει στην αποκατάσταση της ρύπανσης που δημιουργείται από τα πλαστικά είναι ελάχιστα γνωστό, ειδικά στον ωκεανό. Οι κοινότητες μικροβίων που αναπτύσσονται στα κατάλοιπα πλαστικών κατά τη διαδικασία σχηματισμού βιοφίλμ (Zettler ER, Mincer TJ, Amaral-Zettler LA. 2013) και τα ένζυμα που εκκρίνουν ορισμένα είδη μικροβίων, μπορούν να διασπάσουν τις πολυμερείς αλυσίδες δημιουργώντας διάβρωση στην επιφάνεια του πλαστικού (Shah AA, Hasan F, Hameed A, Ahmed S. 2008). Η αποικοδόμηση των συνθετικών πλαστικών από μικροοργανισμούς απαιτεί να έχουν γίνει ορισμένες, προηγούμενες μηχανικές διαδικασίες και διαδικασίες φωτοαποικοδόμησης (Albertsson A-C. 1980). Τα μικρότερα θραύσματα πλαστικών, διασπώνται ταχύτερα από τα μεγαλύτερα (Kawai F., et al., 2004). Έχουν γίνει αρκετά πειράματα που τεκμηριώνουν τη μικροβιακή αποικοδόμηση, εστιάζοντας σε πιο εύκολα αποικοδομήσιμα πολυμερή. Για παράδειγμα, τα είδη *Streptomyces* αύξησαν την αποσύνθεση αποικοδομήσιμων μεμβρανών πολυαιθυλενίου σε σύγκριση με μη εμβολιασμένα δείγματα (Lee B, Pometto AL, Fratzke A, Bailey TB. 1991). Ομοίως, τα είδη *Amycolatopsis*, των οποίων η κατανομή είναι αραιή σε φυσικά εδάφη, αποικοδομούν αποτελεσματικά τα δείγματα πολυμερούς πολυλακτιδίου (PLA) (Lee B, Pometto AL, Fratzke A, Bailey TB. 1991). Προς το παρόν, ωστόσο, το PLA είναι κομποστοποιήσιμο μόνο σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις που φθάνουν σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες. Ομοίως, όπως προέκυψε από τα πειράματα, ο εμβολιασμός ορισμένων ειδών μυκήτων που βρίσκονται στο έδαφος και στο οποίο είχαν

πέσει πλαστικά θραύσματα, ενίσχυσε τόσο την αποδόμηση του πλαστικού όσο και τη συσσώρευση βιομάζας στο έδαφος (Orhan Y, Büyükgüngör H. 2000). Ακόμη και κάποια μακροπανίδα μπορεί να έχει την ικανότητα να διασπά και να αφομοιώνει ορισμένα πλαστικά υλικά. Οι κάμπιες του είδους *Galleria mellonella* έχουν πρόσφατα περιγραφεί ως ταχέως βιοαποικοδομήσιμες μεμβράνες πολυαιθυλενίου, οι οποίες έχουν παρόμοια χημική δομή με τη φυσική πηγή τροφής των καμπιών, το κερι μέλισσας (Bombelli P, Howe CJ, Bertocchini F. 2017). Παρομοίως, ένα νέο είδος βακτηρίων ανακαλύφθηκε πρόσφατα σε μια μονάδα ανακύκλωσης πλαστικών. Αυτό το είδος ίσως να χρησιμοποιεί το PET ως κύρια πηγή ενέργειας και άνθρακα, αλλά οι επιπτώσεις στους ρυθμούς υποβάθμισης του PET στο έδαφος ή τους ωκεανούς είναι ακόμη άγνωστες (Yoshida S., et al., 2017). Έτσι, οι γνώσεις γύρω από τη βιοαποικοδόμηση μικροβίων και των σχετικών οργανισμών και ενζύμων, βάζει τις βάσεις για την παραγωγή νέων πλαστικών υλικών που θα έχουν σχεδιαστεί για βιοαποικοδόμηση μικροβιακών ενζύμων που ίσως να συμβάλλουν στον καθαρισμό πλαστικών απορριμμάτων (O'Brine T, Thompson RC. 2010).

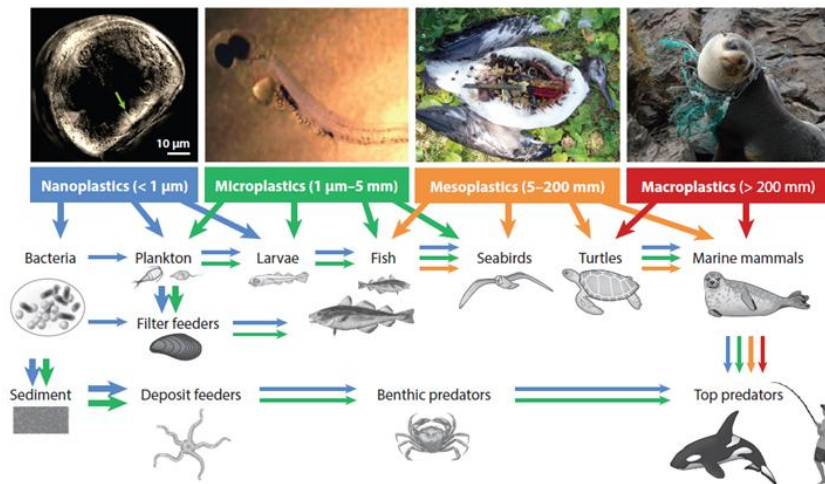
2.2 Ρύπανση από πλαστικά

Τα πλαστικά έχουν γίνει παγκόσμια ανησυχία καθώς η συσσώρευση στους ωκεανούς του κόσμου έχει γίνει εμφανής και οι πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία επισημαίνονται συνεχώς (Ryan, P. G. & Moloney, C. L., 1993, Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P., 2012, Worm B., et al., 2017, Bergmann, M., Tekman, M. B. & Gutow, L., 2017). Από τη δεκαετία του 1950 για την παραγωγή διχτυών και προϊόντων αλιείας χρησιμοποιείται τεχνητό υλικό, διότι αυτά τα υλικά που είναι βραδείας αποικοδόμησης, έγιναν άμεσα διαθέσιμα και προσιτά (Shomura, R. S. & Yoshida, H. O., 1985, Niaounakis, M., 2017). Από τότε, σημειώθηκε ταχεία αύξηση στην παραγωγή πλαστικών για ένα ευρύ φάσμα χρήσεων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι αρκετές (Worm B., et al., 2017, Niaounakis, M., Law, K. L., Wright, S. L. & Kelly, F. J., 2017). Λόγω του ότι αποικοδομούνται πολύ αργά, τα πλαστικά χρησιμοποιούνται παντού και έχουν συσχετιστεί με επιπτώσεις στη θάλασσα (Law, K. L., 2017), όπως η παγίδευση (Duncan, E. M. Et al., 2017), η κατάποση (Ainley, D. G., Fraser, W. R. & Spear, L. B., 1990, Schuyler, Q., et al., 2013), η πιθανή διασπορά χωροκατακτητικών ειδών και η τοξικότητα (Rochman et al., 2016) καθώς και η μόλυνση μέσω τροφικών επιπέδων (Cedervall, T., et al., 2012). Συγκρίνοντας μακροπρόθεσμα περιβαλλοντικά σύνολα δεδομένων από πλαστικά κατάλοιπα διαπιστώθηκε ότι βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στην επιφάνεια τους θάλασσας (ιδιαίτερα πλαστικά κατάλοιπα μεγάλου μεγέθους) (Bergmann, M., Tekman, M. B. & Gutow, L., 2017) ή δεν υπάρχουν καθόλου (Law, K. L., 2017).

Παρά την αύξηση της παραγωγής πλαστικών και τη συνεχή χρήση και απόρριψή τους, μελέτες που έχουν διερευνήσει χρονοσειρές πλαστικών στον ανοιχτό ωκεανό, δεν μπόρεσαν να δείξουν την αναμενόμενη αύξηση από τη δεκαετία του 1990 (Thompson, R. C. Et al., 2014, Law, K. L. Et al., 2010, Law, K. L., More, S. E., Goodwin, D. S. & Zettler, E. R., 2014, Cózar, A., et al., 2014). Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται, τα πλαστικά απόβλητα θα συνεχίσουν να αυξάνονται (Jambeck, J. R. Et al., 2015). Η συνειδητοποίηση ότι τα πλαστικά είναι παντού και ότι οι επακόλουθες επιπτώσεις στην υγεία δεν έχουν ακόμη γίνει πλήρως κατανοητές, έχει αυξήσει την ευαισθητοποίηση γύρω από αυτά. Τα πλαστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες της θαλάσσιας υγείας στην περιβαλλοντική παρακολούθηση για την προώθηση της πολιτικής (π.χ. η οδηγία – πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική (Gago, J., Galgani, F., Maes, T. & Thompson, R. C., 2016)). Υπάρχει ανάγκη για επανεκπαίδευση, συνεχιζόμενη έρευνα και εκστρατείες ευαισθητοποίησης, προκειμένου να ευαισθητοποιηθεί ο κόσμος και να μειωθεί η παραγωγή τους (Bergmann, M., Tekman, M. B. & Gutow, L., 2017, Thompson, R. C., et al., 2009, Koelmans, A. A., et al., 2014, Thompson, R. C. Et al., 2015). Επιπλέον, η χρήση πλοίων άμεσης βοήθειας, είναι ο πρώτος και αποτελεσματικός τρόπος κάλυψης τεράστιων περιοχών, κυρίως σε χρόνο αλλά και σε κόστος, που αντιμετωπίζουν πρόβλημα. Πρέπει να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για την

παρακολούθηση των πλαστικών συντριμμίων στους ωκεανούς (Law, K. L., 2017). Το σύνολο δεδομένων που συλλέγονται από τα πλοία είναι ένα σημαντικό ιστορικό αρχείο για τη συνεχή παρακολούθηση της κατάληξης των πλαστικών στον ωκεανό (Ostle C., et al., 2019).

Αυξανόμενη ανησυχία εκδηλώνεται από οικολόγους, ψαράδες, ναυτικούς για τις ολοένα και περισσότερες αυξανόμενες ποσότητες απορριπτόμενων πλαστικών που βρίσκονται τόσο στη θάλασσα όσο και στις παραλίες. Τα πλαστικά απόβλητα, που αποτελούν το 75% των απορριμμάτων, εκτός του ότι δημιουργούν πρόβλημα αισθητικής, καταστρέφουν και ζωντανούς οργανισμούς όπως τα θαλάσσια πτηνά, τα θαλάσσια θηλαστικά και τα ερπετά. Τα προβλήματα που προκαλούνται από τα απορριπτόμενα ή χαμένα παρασυρόμενα δίχτυα είναι ευρέως γνωστά, όμως είναι δύσκολο να γίνει εκτίμηση της πραγματικής έκτασης της ζημιάς που προκλήθηκε. Τα ελεύθερα παρασυρόμενα δίχτυα μπορούν να συνεχίσουν να αιχμαλωτίζουν ψάρια, θαλάσσια πτηνά και θαλάσσια θηλαστικά και ερπετά, όπως οι χελώνες, ακόμη και για αρκετά χρόνια μετά την απώλεια των δικτύων από τη βάρκα. Τέτοια συντρίμια μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική απειλή για είδη θαλάσσιων θηλαστικών που απειλούνται από εξαφάνιση. Τα πλαστικά συντρίμια έχουν βρεθεί σε όλους τους ωκεανούς, συμπεριλαμβανομένων των πολικών περιοχών, από τις παλιρροϊκές περιοχές μέχρι τα μεγάλα βάθη. Τα πλαστικά συντρίμια φτάνουν στους ωκεανούς μέσω ποταμών και συστημάτων αποχέτευσης. Τα πλαστικά μπορεί να απορριφθούν από τους επισκέπτες στις παραλίες, στη θάλασσα από τα πλοία και χάνονται κατά λάθος κατά τη διάρκεια των εργασιών φόρτωσης στα λιμάνια. Τα αλιευτικά εργαλεία μπορεί να χαθούν τυχαία ή να απορριφθούν από τα σκάφη όταν έχουν φθαρεί ή καταστραφεί μετά από μακρόχρονη χρήση (Quayle D. V., 1992).



Εικ. 6: Η εισβολή των πλαστικών στη θαλάσσια ζωή (εικόνα από το άρθρο Plastic as a Persistent Marine Pollutant, Worm B., et al., 2017)

Ο Horsman (1985) υπολόγισε ότι τουλάχιστον 450×10^3 πλαστικά δοχεία την ημέρα κατέληγαν στη θάλασσα από τα πλοία και ότι περισσότεροι από 23×10^3 τόνοι πλαστικών υλικών από διάφορες συσκευασίες ετησίως απορρίπτονταν από εμπορικά αλιευτικά σκάφη. Ο Merrell (1980) πρότεινε ότι χάνονται ή απορρίπτονται 135×10^3 τόνοι ετησίως εμπορικών αλιευτικών εργαλείων, ενώ η Εθνική Ακαδημία Επιστημών (1975) διαπιστώνει ότι μόνο το 1% αυτού του όγκου κατέληξε στη θάλασσα. Παρατηρώντας αυτές τις δύο εκτιμήσεις αντιλαμβάνεται κανείς ότι υπάρχει έλλειψη λεπτομερών γνώσεων σχετικά με την έκταση της ρύπανσης στη θάλασσα από πλαστικά. Τα πλαστικά σφαιρίδια, συνήθως μεγέθους 1 – 5 mm, φαίνεται να υπάρχουν σε όλους τους ωκεανούς του κόσμου, πολλές φορές σε υψηλές συγκεντρώσεις. Αυτά είναι τα υλικά πρώτης ύλης από τα οποία οι κατασκευαστές παράγουν όλα τα πλαστικά υλικά και πιθανώς καταλήγουν στους ωκεανούς μέσω ποταμών. Στα ποτάμια πιθανώς να καταλήγουν από διαρροές που προκύπτουν στα εργοστάσια και από τυχαίες απώλειες φόρτωσης στα λιμάνια. Με βάση έρευνες που έχουν γίνει, στοιχεία δείχνουν ότι, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις πλαστικών σφαιριδίων εμφανίζονται κοντά σε βιομηχανικά κέντρα. Για παράδειγμα, οι Colton et al. (1974) υπολόγισαν ότι στην ανατολική ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών από το Cape Cod έως το Cape Canaveral της Φλόριντα βρέθηκαν κατά μέσο όρο 8300 πέλλετ ανά km^2 , αλλά μόνο 148 πέλλετς ανά km^2 από νότια του Cape Canaveral μέχρι την Καραϊβική. Οι Day και Shaw (1987) προσδιόρισαν την κατανομή και την ποικιλία των πελαγικών πλαστικών και της πίσσας στον υποτροπικό και υποαρκτικό Βόρειο Ειρηνικό και τη Βερίγγειο Θάλασσα τις χρονιές 1976, 1984 και 1985. Η εμφάνιση μεγάλων πλαστικών και αντικειμένων (η μεγάλη διάσταση ήταν μεγαλύτερη από 2,5 cm) στα υποτροπικά νερά, ήταν διπλάσια από ότι στα υποαρκτικά ύδατα και 8 φορές περισσότερα από αυτά στη Βερίγγειο Θάλασσα. Η εμφάνιση μικρών πλαστικών αντικειμένων σε υποτροπικά ύδατα ήταν 26 φορές μεγαλύτερη από αυτή στα υποαρκτικά ύδατα και 400 φορές από εκείνη στη Βερίγγειο Θάλασσα. Η εμφάνιση μεγάλων πλαστικών αντικειμένων παρουσίασε σημαντική αύξηση μεταξύ 1976 και 1985, αλλά όχι μεταξύ 1984 και 1985.

Ο Gregory (1983) βρήκε 5000 σφαιρίδια πολυαιθυλενίου ανά μέτρο στις παραλίες των Βερμούδων και περιστασιακά πάνω από 10000 πέλλετ ανά μέτρο. Μια έκθεση τους UNESCO και άλλων (1990), παρουσιάζει τα αποτελέσματα μιας μελέτης του 1990 για παραλίες στην Ισπανία, την Ιταλία, την Κύπρο, την Τουρκία και το Ισραήλ, η οποία ανέφερε ότι το 65 – 75 % των απορριμμάτων που βρέθηκαν στις παραλίες της Μεσογείου ήταν από πλαστικό. Τα περισσότερα φαινόταν να είναι χερσαίας προέλευσης και η μεγαλύτερη συγκέντρωση εντοπιζόταν στις πλησιέστερες περιοχές ανθρώπινης δραστηριότητας. Οι Vauk και Schrey (1987) πραγματοποίησαν μια έρευνα για τα απορρίμματα σε μια παραλία 60 μέτρων στο Heigoland στο Γερμανικό όρμο, για ένα χρόνο. Συγκέντρωσαν 8539 αντικείμενα, συνολικού βάρους 1360 κιλών. Το 75% των αντικειμένων αποτελούνταν από πλαστικό και αφρώδες καουτσούκ. Το 99,2%

όλων των αντικειμένων θεωρήθηκαν απόβλητα πλοίων και τα αντικείμενα που βρέθηκαν προέρχονταν από διαφορετικές χώρες. Τόσο στη θάλασσα όσο και στις παραλίες, από τις λίγες ποσοτικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχουν παραχθεί πληροφορίες που επιτρέπουν να γίνουν δοκιμαστικές εκτιμήσεις σχετικά με την προέλευση, τις συγκεντρώσεις και τη σύνθεση των πλαστικών υπολειμμάτων. Χρειάζεται να γίνει περισσότερη έρευνα, προκειμένου να αποκτηθούν αξιόπιστα δεδομένα σχετικά με τη ρύπανση από πλαστικά στο θαλάσσιο περιβάλλον, ώστε να γίνει κατανοητή η πραγματική έκταση του προβλήματος και να παρθούν ορισμένα μέτρα σχετικά με τα πλαστικά και τη χρήση τους. Τα παρασυρόμενα δίχτυα από νάιλον, τα οποία μπορεί να έχουν μήκος έως και 60 km και βάθος 15 m, με μέγεθος ματιών, 17 cm, προκαλούν απώλειες ζωής μεταξύ θαλάσσιων ζώων και θαλάσσιων πτηνών. Τα περισσότερα θαλάσσια ζώα δεν μπορούν να τα εντοπίσουν, ούτε χρησιμοποιώντας την όρασή τους ούτε με τον ηχοεντοπισμό και από τα τέλη της δεκαετίας του 1960, έχουν συσσωρευτεί στοιχεία για ζημιές σε είδη που δεν αποτελούν στόχο.



Εικ. 7: Χελώνα πιάστηκε σε δίχτυ

(<https://www.fisheries.noaa.gov/southeast/bycatch/fishing-gear-turtle-excluder-devices>)

Ο Fowler (1987) επισημαίνει ότι η συχνότητα εμπλοκής με θαλάσσια θηλαστικά και ερπετά αυξήθηκε από τα μέσα της δεκαετίας του 1960, όταν τα πλαστικά άρχισαν να χρησιμοποιούνται εκτενώς για την κατασκευή δικτύων τράτας, συμπίπτοντας με την αύξηση της εμπορικής αλιείας στον Βόρειο Ειρηνικό και τη Βερίγγειο Θάλασσα. Ο Φάουλερ κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η θνησιμότητα της φώκιας λόγω εμπλοκής σε θαλάσσια συντρίμια, συμπεριλαμβανομένων των ταινιών συσκευασίας, μείωσε σημαντικά τον πληθυσμό τους στα νησιά Pribilof. Οι θαλάσσιες χελώνες φαίνεται να είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε

τραυματισμούς από εμπλοκή σε ελεύθερα δίχτυα. Ο Balazs (1985) κατέγραψε 60 περιπτώσεις εμπλοκής θαλάσσιων χελωνών που αφορούσαν όχι μόνο δίχτυα, αλλά πετονιές ψαρέματος, συνθετικά σχοινιά και άλλα απορρίμματα. Ωστόσο, η κύρια αιτία τραυματισμού και θνησιμότητας των χελωνών από πλαστικά υπολείμματα, φαίνεται να οφείλεται στην κατάποση των υλικών, τα οποία μπορεί να μπερδέψουν με μέδουσες (Gramentz, 1988). Η κατάποση πλαστικών από τα πουλιά της θάλασσας, αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τους Kenyon και Kridler (1969), είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο και έχουν εμπλακεί 50 είδη θαλάσσιων πουλιών (Day et al., 1985). Τα πέλλετ, η πρώτη ύλη από την οποία παράγονται πλαστικά αντικείμενα, φαίνεται να αποτελούν τη μεγαλύτερη απειλή. Το τυπικό τους μέγεθος είναι 1 – 5mm και έχει θεωρηθεί ότι μπορεί να συγχέονται με τρόφιμα, όπως αυγά ψαριών ή προνύμφες, που μπορεί να έχουν παρόμοιο μέγεθος και εμφάνιση (Laist, 1987). Μεγαλύτερα κομμάτια από πελαγικά πλαστικά υπολείμματα, συμπεριλαμβανομένων αντικειμένων ή θραυσμάτων έως 20 x 80 mm, καταπίνονται από μεγάλα πουλιά όπως τα άλμπατρος. Οι Fry et al. (1987) βρήκαν, μετά από έρευνα που έκαναν, ότι στην ανώτερη γαστρεντερική οδό των άλμπατρος *Laysan* υπήρχαν πλαστικά υπολείμματα. Αυτά τα υλικά αναρροφούνται από τα ενήλικα πουλιά κατά τη διάρκεια της σίτισης των νεοσσών και ένα αντίστοιχα υψηλό ποσοστό νεοσσών άλμπατρος, βρέθηκε ότι είχαν καταπιεί πλαστικά. Οι νεοσσοί μαζεύουν από το έδαφος και καταπίνουν, θραύσματα πλαστικού απευθείας.



Εικ. 8: Ενήλικο άλμπατρος ταΐζει πλαστικό το νεοσσό (φωτογραφία του Chris Jordan)

<https://www.acap.aq/latest-news/3482-the-laysan-albatrosses-of-midway-atoll-creating-artworks-from-plastic-pollution>

Οι χελώνες και τα ψάρια καταπίνουν τα πλαστικά υπολείμματα, πιθανώς λόγω αδυναμίας διάκρισης μεταξύ θηράματος και μικρών πλαστικών σφαιριδίων ή θραυσμάτων από φύλλα (Laist, 1987). Ωστόσο, ο θάνατος των χελωνών δεν προέρχεται μόνο από την κατάποση πλαστικών αλλά και από την εμπλοκή σε παρασυρόμενα δίχτυα ή ταινίες συσκευασίας. Ο Laist (1987) αναφέρει το θάνατο το 1985 του δυτικού Ινδικού manatee, ενός είδους υπό εξαφάνιση, ο οποίος οφείλεται στην κατάποση ενός πλαστικού τεμαχίου, το οποίο του έφραξε την πεπτική οδό. Ο Balazs (1985) υποστηρίζει ότι η απόφραξη του πεπτικού σωλήνα από πλαστικά στις θαλάσσιες χελώνες αποτελεί σημαντική απειλή για την επιβίωσή τους. Έχουν αναφερθεί 79 περιπτώσεις όπου τα έντερα θαλάσσιων χελωνών περιείχαν μεγάλες ποσότητες πλαστικών υπολειμμάτων. Μεταξύ αυτών ήταν θραύσματα διχτού και πετονιάς, σακουλών, σφαιριδίων, μπουκαλιών και μεμβρανών. Σε μια νεκρή χελώνα βρέθηκε ότι είχε καταπιεί ένα βαρύ πλαστικό φύλλο διαστάσεων περίπου 3 x 4 m. Η κατάποση πλαστικών φύλλων και σακουλών από δερματοχελώνες (leatherback turtles) κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται σε αδυναμία διάκρισης τέτοιων υπολειμμάτων από τις μέδουσες (Carr, 1987, Gramentz, 1988). Σε μια έρευνα, μόνο διαφανή, ημιδιαφανή ή λευκά κομμάτια πολυστερίνης (στερεό ή αφρός) και PVC παρατηρήθηκαν στα πεπτικά όργανα των χελωνών, υποστηρίζοντας την υπόθεση της εσφαλμένης αναγνώρισης του θηράματος (Gramentz, 1988).



Εικ. 9: Θαλάσσια χελώνα τρώει πλαστική σακούλα

<https://www.onegreenplanet.org/environment/sea-turtles-are-eating-plastic-because-it-smells-like-food/>

Τα πλαστικά ποικίλλουν και ως προς το ειδικό τους βάρος: Ορισμένα αντικείμενα είναι ελαφρύτερα από το θαλασσινό νερό, ενώ άλλα βυθίζονται στον πυθμένα. Οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την αφθονία μικροπλαστικών, μεσοπλαστικών και μακροπλαστικών που επιπλέουν στην επιφάνεια του ωκεανού έχουν συνταχθεί σε μια παγκόσμια μελέτη που είχε δεδομένα από 24 μελέτες (2007 – 2013) (Eriksen M., et al., 2014). Οι ερευνητές υπολόγισαν μια αφθονία παγκοσμίως τουλάχιστον 5,25 τρισεκατομμυρίων τεμαχίων πλαστικού, δηλαδή ότι 720 πλαστικά αντικείμενα αντιστοιχούν σε κάθε άνθρωπο που ζει σήμερα και τα περισσότερα από αυτά είναι μικροπλαστικά (0,33 – 4,75mm). Το 2014, μια μελέτη παρακολούθησης υπολόγισε μεταξύ 15 και 51 τρισεκατομμύρια σωματίδια να επιπλέουν στους ωκεανούς (Van Sebille E., et al., 2015). Και στις δύο μελέτες, φαίνεται ότι η παγκόσμια γεωγραφική κατανομή των πλαστικών συντριμμίων είναι άνιση και συγκεντρώνεται κυρίως γύρω από τις ακτές και τον ανοιχτό ωκεανό, όπου σχηματίζονται ευρέως σκουπίδια σε υψηλή συγκέντρωση (Kaiser J. 2010, Eriksen M., et al., 2014). Το συνολικό βάρος των πλαστικών υπολειμμάτων που επιπλέουν, εκτιμήθηκε ότι είναι παγκοσμίως μεταξύ 93000 και 267000 t (Wilcox C., et al., 2015, Eriksen M., et al., 2014), με το μεγαλύτερο μέρος του βάρους να οφείλεται στα μακροπλαστικά. Ο αριθμός, ωστόσο, είναι τουλάχιστον μια τάξη μεγέθους χαμηλότερος από την εκτιμώμενη παγκόσμια απελευθέρωση πλαστικών στο θαλάσσιο περιβάλλον το 2010 (Jambeck JR., et al., 2015). Η τάξη μεγέθους πλαστικού που «λείπει» από την επιφάνεια δυνητικά καταλήγει στη βαθιά θάλασσα και στα θαλάσσια ιζήματα. Οι συγκεντρώσεις πλαστικών στα ιζήματα (κατ' όγκο) είναι τέσσερις έως πέντε τάξεις μεγέθους υψηλότερες από ότι στη στήλη νερού. Οι συγκεντρώσεις ποικίλλουν έντονα μεταξύ των ιζημάτων (3 – 4 τάξεις μεγέθους) παρά στη στήλη νερού (1 – 2 τάξεις μεγέθους) και είναι ιδιαίτερα υψηλές στις παραλίες που βρίσκονται κοντά σε πόλεις (Mathalon. A, Hill. P., 2014) και στα ιζήματα των βαθιών υδάτων (Woodall LC, et al., 2014). Λόγω της μεγάλης χωρικής τους έκτασης και των υψηλών συγκεντρώσεων πλαστικών υπολειμμάτων, η βαθιά θάλασσα λέγεται ότι λειτουργεί ως παγκόσμια καταβόθρα για τη ρύπανση που δημιουργείται από τα πλαστικά (Woodall LC, et al., 2014), αν και απαιτούνται περισσότερες μελέτες και δειγματοληψίες για να επαληθευτεί αυτό. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο ίδιο συμπέρασμα έχουν καταλήξει πρόσφατα ερευνητές και για τους POP, όπως είναι τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB) και οι πολυβρωμιωμένοι διφαινυλαιθέρες (PBDEs, που χρησιμοποιούνται ως επιβραδυντικά φλόγας), τα οποία έχουν βρεθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις σε ζώα που ζουν στις βαθύτερες ωκεάνιες τάφρους, δηλαδή, πάνω από 10000m κάτω από την επιφάνεια (Jamieson AJ, et al., 2017). Η μεταφορά των πλαστικών σωματιδίων στον πυθμένα μπορεί να επιταχυνθεί με τη μεταφορά σε φυσικά σχηματιζόμενα πηκτικά, που ονομάζονται θαλάσσιο χιόνι, τα οποία βυθίζονται γρήγορα στον πυθμένα (Shanks AL, Trent JD. 1980). Παρόμοια με τους POPs, υπάρχουν και στοιχεία για τροφική μεταφορά μεταξύ οργανισμών και συσσώρευση σωματιδίων σε αρπακτικά που καταναλώνουν μύδια, όπως τα πράσινα καβούρια (Farrell P, Nelson K. 2013).

Λόγω του πολύ υψηλού μοριακού τους βάρους, τα συμβατικά πλαστικά βιοδιασπώνται δύσκολα και αργά στο θαλάσσιο ή στο χερσαίο περιβάλλον και απλώς αποσυντίθενται φυσικά και με το δικό τους ρυθμό. Τα κύματα και οι κόκκοι των ιζημάτων έχουν μηχανικές και λειαντικές δυνάμεις, οι οποίες δρουν για να διασπάσουν τα πλαστικά σε μικρότερα κομμάτια. Αυτό όμως δεν αλλάζει τη μάζα του πλαστικού, μόνο την κατανομή του μεγέθους του. Ωστόσο, όταν τα πλαστικά εκτίθενται σε ακτινοβολία UVB στο ηλιακό φως και το οξυγόνο, τα πολυμερή από τα οποία αποτελούνται, μπορούν να οξειδωθούν και να σχηματίσουν υδροϋπεροξειδία που οδηγούν σε σχάση της αλυσίδας του πολυμερούς. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει από δεκαετίες έως αιώνες σε φυσικά εδάφη (Albertsson AC, Karlsson S. 1988, Ohtake Y et al., 1998). Στους ωκεανούς, αυτές οι διεργασίες συνήθως είναι ακόμη πιο αργές, επειδή οι μηχανικές και φωτολυτικές δυνάμεις μειώνονται σημαντικά, κυρίως στα βαθιά νερά, όπου μπορεί να υπάρχει συσσώρευση ελαφρών πλαστικών (GESAMP, 2016, Woodall LC et al., 2014). Επιπλέον, τα πλαστικά τα οποία καταλήγουν στους ωκεανούς μπορεί να μολυνθούν από φύκια, βακτήρια και τους οργανισμούς και ιζήματα, ελαχιστοποιώντας την έκθεση της επιφάνειας στην υπεριώδη ακτινοβολία και το οξυγόνο αμέσως μόλις εισέλθουν στο θαλάσσιο περιβάλλον (Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Barlaz M. 2009). Ως εκ τούτου, τα περισσότερα πλαστικά αντικείμενα που καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να παραμείνουν εκεί ανέπαφα για αιώνες και έτσι να συσσωρεύονται στο θαλάσσιο περιβάλλον με παρόμοιους τρόπους όπως οι POP. Μια πιθανή εξαίρεση αποτελούν ορισμένα βιοαποδομήσιμα πολυμερή, τα πολυϋδροξυαλκανοϊκά (PHAs), τα οποία έχει αποδειχθεί ότι βιοαποικοδομούνται σε διάφορα περιβάλλοντα (Keshavarz T, Roy I. 2010).

Οι πιο συχνά τεκμηριωμένες επιπτώσεις της πλαστικής ρύπανσης προέρχονται από εμπλοκή και κατάποση μακροπλαστικών υπολειμμάτων. Η Γραμματεία της Σύμβασης για τη Βιολογική Ποικιλότητα εκτίμησε πρόσφατα το ποσοστό των θηλαστικών, των χελωνών και των ειδών πτηνών που καταπίνουν πλαστικό (40, 100 και 46% των ειδών σε αυτά τα τρία είδη, αντίστοιχα) ή μπλέκονται σε αυτό (46, 100 και 26% αντίστοιχα) (CBD, 2016). Είναι ανησυχητικό ότι με κάθε διαδοχική ανασκόπηση των αποδεικτικών στοιχείων που υπάρχουν (για κατάποση και εμπλοκή), προσδιορίζεται ο αυξανόμενος αριθμός ειδών που επηρεάζονται από θαλάσσια κατάλοιπα, με την πιο πρόσφατη εκτίμηση να αυξάνει αυτά τα είδη στα 693. Η εμπλοκή των θαλάσσιων ζώων σε πλαστικά είναι γνωστό ότι επηρεάζει τουλάχιστον 243 είδη μέχρι σήμερα, συχνά με θανατηφόρες συνέπειες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αυτά τα αποτελέσματα προέρχονται από εγκαταλελειμμένα ή πεταμένα αλιευτικά εργαλεία, τα οποία συχνά αναφέρονται ως «εργαλεία φάντασμα». Άλλοι τύποι πλαστικών υπολειμμάτων που οδηγούν σε υψηλά ποσοστά εμπλοκής είναι ιμάντες συσκευασίας και κορδόνια μπαλονιών (Gall S, Thompson R. 2015). Η κατάποση πλαστικού επηρεάζει τουλάχιστον 208 είδη. Παρακολουθώντας στενά την παρατηρούμενη αύξηση της πλαστικής ρύπανσης και των πλεούμενων πλαστικών υπολειμμάτων, έχουν διαπιστωθεί

απότομες αυξήσεις στην κατάποση πλαστικών σε θαλάσσια πτηνά και θαλάσσιες χελώνες με την πάροδο του χρόνου, με το ρυθμό αύξησης να φτάνει το 1,7% ετησίως για τα θαλάσσια πτηνά και το 0,7% για τις χελώνες (Wilcox C, van Sebille E, Hardesty BD. 2015, Schuyler Q, et al., 2014). Αυτό συμβαίνει εν μέρει λόγω του ότι τα θαλάσσια είδη μπερδεύουν το πλαστικό με την τροφή, μετά από οπτικές ή οσφρητικές ενδείξεις, όπως έχει αναφερθεί και νωρίτερα, προκαλώντας έτσι απόφραξη του γαστρεντερικού συστήματος, τραυματισμό (Schuyler Q, et al., 2014) και προβλήματα στην αναπαραγωγή (Plot V, Georges J-Y. 2010). Μερικά θαλάσσια πτηνά, όπως τα άλπατρος, έχουν εξαιρετικά εξελιγμένη την αίσθηση όσφρησης και φαίνεται να έλκονται από χημικές ουσίες που απελευθερώνονται από το πλαγκτόν θήραμά τους, τα οποία απορροφώνται από τα επιπλέοντα πλαστικά (Savoca MS., et al., 2016). Αν και οι επιδράσεις λόγω της κατάποσης είναι θανατηφόρες, φαίνεται να είναι λιγότερο συχνές από εκείνες που οφείλονται σε εμπλοκή (4% έναντι 79% των αναφερόμενων περιπτώσεων). Ωστόσο, τα υποθανατηφόρα αποτελέσματα λόγω της κατάποσης είναι πιο εμφανή από ότι οι θανατηφόρες επιδράσεις. Δεδομένου ότι τα ποσοστά κατάποσης έχουν αυξηθεί, είναι πιθανό στο μέλλον να υπάρξουν αλλαγές σε επίπεδο πληθυσμού λόγω συσσωρευμένων υποθανατηφόρων επιπτώσεων (Kühn S, Rebolledo ELB, van Franeker JA. 2015).

Οι τοξικές ουσίες που υπάρχουν στα πλαστικά προέρχονται από υπολείμματα μονομερών, πλαστικοποιητές, χρωστικές ουσίες, επιβραδυντικά φλόγας και άλλα (Lithner D, Larsson Å, Dave G. 2011, Deanin RD. 1975). Μπορούν να απελευθερωθούν κατά την κατάποση και μπορεί να συσσωρευτούν στους λιπώδεις ιστούς, όπως ακριβώς κάνουν οι POP. Οι επιδράσεις που έχουν οι τοξικές ουσίες στη θαλάσσια άγρια ζωή αποδεικνύονται λιγότερο συχνά από τη διαπλοκή και την κατάποση, κυρίως επειδή είναι πιο δύσκολο να αποδειχθούν και συνήθως απαιτούν πειραματισμό (Gall S, Thompson R. 2015). Πειραματικές μελέτες αποδεικνύουν τοξικολογικές επιπτώσεις των στραγγισμάτων από αυτά τα υλικά εξαιτίας της παρουσίας του στραγγίσματος στο νερό του περιβάλλοντος και λόγω της κατάποσης πλαστικού (Rochman CM, Hoh E, Kurobe T, Teh SJ. 2013). Για παράδειγμα, τα ψάρια που βρίσκονται στους κοραλλιογενείς υφάλους και εκτέθηκαν σε νερό ενώ προηγουμένως είχαν εκτεθεί σε σακούλες τροφίμων από πολυπροπυλένιο, είχαν αυξημένα επίπεδα εννεύλοφαινόλης και υπέστησαν αυξήσεις τόσο στη βραχυπρόθεσμη, όσο και στη μακροπρόθεσμη θνησιμότητα (Hamlin HJ, Marciano K, Downs CA. 2015). Παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με την τοξικότητα επιδείχθηκαν για τις προνύμφες της ευρωπαϊκής πέρκας (Lönnstedt OM, Eklöv P. 2016). Επιπλέον, πολλά πλαστικά έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν τόσο οργανικούς, όσο και μεταλλικούς ρύπους (συμπεριλαμβανομένων των πιο γνωστών POP) από το περιβάλλον και να τους συγκεντρώνουν έως και 1 εκατομμύριο φορές σε σχέση με τις συγκεντρώσεις που βρίσκονται στο θαλασσινό νερό (Mato Y, et al., 2001). Αν και υπάρχουν στοιχεία για τη μεταφορά μιας ποικιλίας ρύπων, οι οποίοι προσροφούνται από τα πλαστικά, σε οργανισμούς, η

διαδικασία είναι πολύπλοκη (Rochman CM. 2016). Για παράδειγμα, στα έντερα των ενδόθερμων, όπως τα πουλιά ή οι άνθρωποι, οι σχετικοί περιβαλλοντικοί ρύποι απελευθερώνονται με ρυθμούς έως και 30 φορές μεγαλύτερους σε σχέση με τους ψυχρόαιμους οργανισμούς ή σε σχέση με το περιβάλλον θαλασσίνο νερό (Bakir A, Rowland SJ, Thompson RC. 2014). Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα συστατικά του ίδιου του πλαστικού είναι πιο επιβλαβή. Για παράδειγμα, τα σφαιρίδια πολυαιθυλενίου που μόλις έχουν παραχθεί ήταν πιο τοξικά για τον αχινό από τα σφαιρίδια που είχαν προηγουμένως εκτεθεί σε θαλάσσιους ρύπους σε μια πειραματική μελέτη στα ύδατα της Βραζιλίας (Nobre C., et al., 2015).

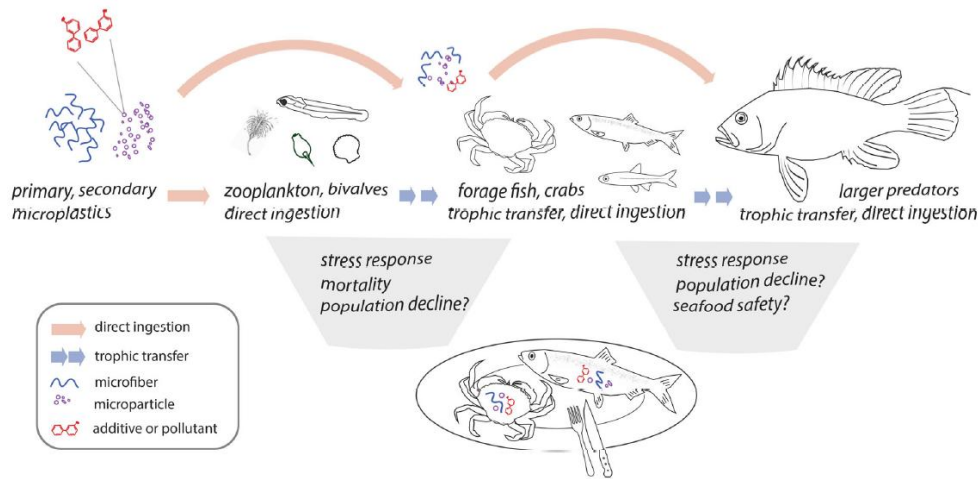
Μια μεγάλη ποικιλία θαλάσσιων απορριμμάτων είναι τα φίλτρα τσιγάρων (Wright SL, 2015) και διάφορα πολυμερή (Bejgarn S, 2015), σωματίδια PS (Cole M, et al., 2015), σφαιρίδια PE (Nobre C., et al., 2015), σωματίδια PE και PS με προσροφημένους πολυαρωματικούς ρύπους τυρένιο και ίνες PP, έχει πρόσφατα δοκιμαστεί για τοξικολογικές επιπτώσεις σε πειραματικά περιβάλλοντα. Αυτές οι μελέτες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ειδών, συμπεριλαμβανομένων των μυδιών, των καβουριών, των ψαριών και των θαλάσσιων πτηνών, με αρνητικές επιπτώσεις, όπως μειωμένη σίτιση, ελάχιστη επιβίωση, τοξικότητα σε κυτταρικό επίπεδο, αλλαγές στο ανοσοποιητικό τους σύστημα, αλλαγές στη λειτουργία των ενζύμων και στην έκφραση γονιδίων. Πειραματικές μελέτες με συγκεντρώσεις πλαστικού της τάξης του 1% έδειξαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις (Watts AJ, 2015). Μια πρόσφατη ανασκόπηση συγκέντρωσε συνοπτικά ένα ευρύ φάσμα πιθανών άμεσων τοξικών επιδράσεων από τα πλαστικά καθώς και την ενισχυμένη μεταφορά περιβαλλοντικών ρύπων μέσω της προσρόφησης και της μεταφοράς σε οργανισμούς (Rochman CM. 2016).

Τα μικρά θραύσματα από πλαστικά μπορεί να έχουν διαφορετική δράση από τα μεγαλύτερα λόγω της αυξημένης επιφάνειάς τους, της ικανότητάς τους να μεταφέρονται σε ιστούς ή κύτταρα ή της αλληλεπίδρασής τους με τις χημικές ουσίες στο περιβάλλον. Πρόσφατες ανασκοπήσεις πειραματικών στοιχείων για το ποιες είναι οι επιπτώσεις του πλαστικού μέσα από μια σειρά μεγεθών και επιπέδων βιολογικής οργάνωσης, βρήκαν μια πολύπλοκη σειρά επιδράσεων που δημιουργούν τα πλαστικά θραύσματα μικρού μεγέθους (πιο συγκεκριμένα νανομεγέθους) (GESAMP, 2016, Galloway TS, Lewis CN, 2016, da Costa Jr et al., 2016) τα οποία παρατηρούνται τόσο σε ασπόνδυλα, όσο και σε σπονδυλωτά (Sussarellu R., et al., 2016, Lönnstedt OM, Eklöv P. 2016). Για παράδειγμα, στα στρείδια, διαπιστώθηκε μέσω της πειραματικής τους έκθεσης σε νανοπλαστικά και μικροπλαστικά, ότι έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη διατροφή και στην αναπαραγωγή, στην γονιμότητα και στην ποιότητα των απογόνων, τα οποία είναι και τα δύο σημαντικά για τη φυσική κατάσταση του οργανισμού (Cole M, Galloway TS, 2015). Ομοίως, όταν εκτίθενται σε μικροπλαστικά PS σε συγκεντρώσεις που εμφανίζονται σε παράκτια περιβάλλοντα στη Βαλτική Θάλασσα, τα γονιμοποιημένα αυγά της πέρκας έχουν μειωμένα ποσοστά επιτυχίας εκκόλαψης και οι προνύμφες που προέρχονται από αυτά τα νερά εμφανίζουν μια σειρά

αρνητικών επιπτώσεων, από καθυστερημένη ανάπτυξη έως αυξημένη θνησιμότητα (Lönnstedt OM, Eklön P. 2016). Και στις δύο περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι επιπτώσεις προκύπτουν από μείγμα έκπλυσης χημικών ουσιών από τα πλαστικά και φυσικές επιπτώσεις στην πέψη. Το μικρό μέγεθος των πλαστικών θραυσμάτων μπορεί να διευκολύνει την κατάποση από τους τροφοδότες φίλτρων, αλλά δεν υπήρχαν στοιχεία ότι τα σωματίδια απορροφήθηκαν από τα κύτταρα ή τους ιστούς. Τα πειράματα που έγιναν *in vitro* υποδεικνύουν επιδράσεις των νανοσωματιδίων σε ρεαλιστικά πλαίσια, όπως η αιμολέμφος μυδιών, τα οποία καταδεικνύουν πιθανούς μηχανισμούς που μπορεί τελικά να γεννηθούν σε μελλοντικές *in vitro* μελέτες. Οι συνεργικές επιδράσεις των μικρών σε μέγεθος πλαστικών σε άλλες τοξίνες είναι επίσης πιθανές, αν και τα στοιχεία δεν είναι ξεκάθαρα μέχρι στιγμής (Canesi L, Ciacci C, Balbi T. 2015). Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα παραδείγματα όπως η ενίσχυση της τοξικότητας του χρωμίου παρουσία μικροπλαστικών στα ψάρια (Luís LG, 2015).

Υπάρχουν συνεχώς στοιχεία για τη μεταφορά μέσω τροφής και τη δυνατότητα βιοσυσσώρευσης πλαστικών και των ακόλουθων χημικών ρύπων μέσω της τροφικής αλυσίδας. Ένα καλά μελετημένο παράδειγμα αφορά τροφοδότες βενθικών φίλτρων, όπως μύδια που συσσωρεύουν πλαστικές μικροΐνες και άλλα σωματίδια από τη στήλη του νερού, μεταφέροντάς τα σε βενθικούς θηρευτές και κατά συνέπεια σε ανθρώπους καταναλωτές εκτρεφόμενων ή άγριων οστρακοειδών (Mathalon A, Hill P. 2014). Άφθονα μικροπλαστικά σωματίδια έχουν παρατηρηθεί στις γαστρεντερικές οδούς μεγαλύτερων πτερυγίων και κητωδών, υποδηλώνοντας έτσι ότι υπάρχει τροφική μεταφορά από τα ψάρια θηράματα στα κορυφαία αρπακτικά (Lusher AL., et al., 2015, Eriksson C, Burton H. 2003). Με βάση εργαστηριακές μελέτες που έχουν γίνει, έχει αποδειχθεί μεταφορά τοξινών, όπως το επιβραδυντικό φλόγας PBDE, από πλαστικά σε οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των γρύλων, των αμφιπόδων, των σκουληκιών και των ψαριών (Rochman CM. 2016). Ωστόσο, τα πλαστικά έχουν επίσης βρεθεί ότι λειτουργούν προς την αντίθετη κατεύθυνση σε εργαστηριακές μελέτες, μειώνοντας τα φορτία του σώματος ή τις μεταφορές από το περιβάλλον. Μια βασική μεταβλητή είναι το σχετικό φορτίο ρύπων που απελευθερώνεται στο περιβάλλον, το εκάστοτε πλαστικό και ο οργανισμός υποδοχής, με μεταφορές σε διαφορετικές κατευθύνσεις ανάλογα με την κατάσταση. Σχετικά στοιχεία που έχουν συλλεχθεί από ψάρια, θαλασσοπούλια και μύδια, υποστηρίζουν τη δυνατότητα των πλαστικών να προκαλούν βιοσυσσώρευση περιβαλλοντικών ρύπων. Ωστόσο, το ερώτημα παραμένει: πώς η αυξανόμενη πλαστική επιβάρυνση των ψαριών και των οστρακοειδών θα επηρεάσει τους καταναλωτές θαλασσιών και την ανθρώπινη υγεία. Η παρουσία πλαστικών υπολειμμάτων στα θαλασσινά (Rochman CM, et al., 2015) και η τοξικότητα των χημικών ουσιών από τα πλαστικά έχουν αρχίσει να προκαλούν ανησυχίες και τα στοιχεία που υπάρχουν υποδηλώνουν ότι οι χημικές ουσίες μπορούν να μεταφερθούν από πλαστικό σε ζώο. Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να αξιολογηθεί σε ποιο βαθμό τα πλαστικά κατάλοιπα μπορούν να μεταφέρουν

χημικούς ρύπους στον άνθρωπο μέσω της κατανάλωσης θαλασσιών και ψαριών και ποιες είναι οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις μιας τέτοιας έκθεσης και κατανάλωσης.



Εικ. 10: Είσοδος πλαστικών στην τροφική αλυσίδα (από το άρθρο Microplastic occurrence and effects in commercially harvested North American finfish and shellfish: Current knowledge and future directions, Baechler et al., 2019)

Όπως και με άλλες παγκόσμιες περιβαλλοντικές προκλήσεις, όπως η κλιματική αλλαγή ή η υπεραλίευση, δεν υπάρχει «χρυσή τομή» που θα μπορούσε να δώσει λύση από μόνη της στο πρόβλημα της πλαστικής ρύπανσης. Αντίθετα, υπάρχει διαθέσιμο ένα ευρύ φάσμα λύσεων που, θα μπορούσαν να ανατρέψουν το πρόβλημα της πλαστικής ρύπανσης, ελαχιστοποιώντας τη μακροπρόθεσμη βλάβη. Αυτό, ωστόσο, για να πετύχει θα απαιτήσει μια συντονισμένη προσπάθεια από όλους τους ανθρώπους, από τις κυβερνήσεις και τους παραγωγούς πλαστικών ως και τους χρήστες της βιομηχανίας και τους μεμονωμένους καταναλωτές, τις οργανώσεις διαχείρισης απορριμμάτων, καθώς και τους επιστήμονες. Στη συνέχεια, περιγράφονται λύσεις που καλύπτουν όλες αυτές τις εμπλεκόμενες όλων των επιπέδων της κοινωνίας, με στόχο τη μηδενική εισαγωγή πλαστικών απορριμμάτων στον ωκεανό. Προφανώς, αυτός ο στόχος είναι εφικτός μόνο αν υπάρχει κάποια μορφή παγκόσμιας συνεργασίας, όπως ζητήθηκε πρόσφατα από την εκστρατεία των Ηνωμένων Εθνών για Καθαρές Θάλασσες (United Nations (UN) Newscentre, 2017). Αυτή η εκστρατεία προτρέπει τις κυβερνήσεις να εφαρμόσουν πολιτικές μείωσης των πλαστικών (όπως η απαγόρευση των μικροσφαιριδίων ή των σακουλών για ψώνια μιας χρήσης που υπάρχουν ήδη σε ορισμένες χώρες). Έτσι ενθαρρύνει τη βιομηχανία παραγωγής πλαστικών να ελαχιστοποιήσει τις πλαστικές συσκευασίες και να επανασχεδιάσει τα προϊόντα τους και παροτρύνει τους πολίτες να αλλάξουν τις καταναλωτικές τους συνήθειες όσον αφορά τα προϊόντα μιας χρήσης, δηλαδή κυρίως τα πλαστικά είδη. Έχουν ήδη αναληφθεί

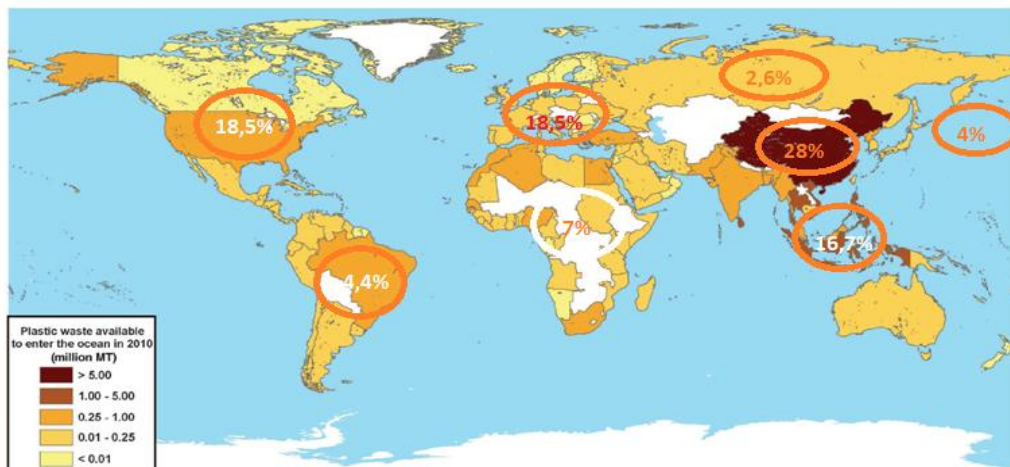
δεσμεύσεις από την Ινδονησία για μείωση των θαλάσσιων απορριμμάτων κατά 70% έως το 2025. Όσον αφορά το πλαστικό μιας χρήσης, η Ουρουγουάη πρότεινε το 2017 να φορολογούνται οι πλαστικές σακούλες, η Γκάνα πρόκειται να θέσει εκτός νόμου τα πλαστικά λεπτής μεμβράνης και η Κόστα Ρίκα να μειώσει το πλαστικό μιας χρήσης μέσω καλύτερης διαχείρισης απορριμμάτων και εκπαίδευσης (United Nations (UN) Newscentre, 2017). Αυτοί, αλλά και πρόσθετοι στόχοι πολιτικής προτείνονται ως μέρος μιας συνολικής Παγκόσμιας Σύμβασης για την Πλαστική Ρύπανση.

Αναφορά στην πλαστική ρύπανση στον ωκεανό φαίνεται ότι έγινε για πρώτη φορά στην επιστημονική βιβλιογραφία στις αρχές της δεκαετίας του 1970, ωστόσο, περισσότερα από 40 χρόνια μετά, δεν υπάρχουν αυστηρές εκτιμήσεις για την ποσότητα και την προέλευση των πλαστικών υπολειμμάτων που εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το 1975, η εκτιμώμενη ετήσια εισροή απορριμμάτων όλων των υλικών στον ωκεανό ήταν 6,4 εκατομμύρια τόνοι (5,8 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι – Mt), με βάση μόνο τις απορρίψεις από ωκεάνια πλοία, στρατιωτικές επιχειρήσεις και απώλειες πλοίων (National Research Council (U.S.), 1975). Η απόρριψη πλαστικού από πλοία στη θάλασσα έχει απαγορευτεί έκτοτε (International Maritime Organization, London, 1988), όμως εξακολουθούν να υπάρχουν απώλειες. Αναφέρεται ότι το 80% των θαλάσσιων απορριμμάτων προέρχονται από τη ξηρά. Ο αριθμός τους δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένος και δεν υπάρχουν πληροφορίες για τη συνολική μάζα των συντριμμίων που εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον από χερσαίες πηγές.

Τα πλαστικά έχουν γίνει ολοένα και πιο κυρίαρχα στην καταναλωτική αγορά από την εμπορική τους ανάπτυξη τη δεκαετία του 1930 και του 1940. Η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών ρητινών έφτασε τα 288 εκατομμύρια τόνους το 2012 (Plastics Europe, 2013), σημειώνοντας μεγάλη και σημαντική αύξηση 620% από το 1975. Ο μεγαλύτερος τομέας της αγοράς για πλαστικές ρητίνες είναι η συσκευασία. Δηλαδή υλικά σχεδιασμένα για άμεση διάθεση για το καταναλωτικό κοινό. Το 1960, τα πλαστικά αποτελούσαν λιγότερο από το 1% των αστικών στερεών απορριμμάτων κατά μάζα στις Ηνωμένες Πολιτείες (EPA, 2011), έως το 2000. Τότε το ποσοστό αυτό αυξήθηκε κατά μια τάξη μεγέθους. Μέχρι το 2005, το πλαστικό αποτελούσε τουλάχιστον το 10% των στερεών αποβλήτων κατά μάζα στο 58% (61 από τις 105) των χωρών με διαθέσιμα δεδομένα (D. Hoornweg, P. Bhada-Tata, 2012). Η αυξανόμενη παρουσία των πλαστικών στο θαλάσσιο περιβάλλον προκαλούν ολοένα και περισσότερη ανησυχία λόγω της εμμονής τους και των επιπτώσεών τους στους ωκεανούς, τη θαλάσσια ζωή και ενδεχομένως, τους ανθρώπους (R. C. Thompson, et al., 2009). Τα πλαστικά συντρίμια εμφανίζονται στις ακτές, στον αρκτικό θαλάσσιο πάγο, στην επιφάνεια της θάλασσας και στον πυθμένα της θάλασσας (D. K. A. Barnes, et al., 2009, R. W. Obbard et al., 2014). Η διάβρωση των πλαστικών συντριμμίων προκαλεί κατακεραματισμό σε σωματίδια που ακόμη και μικρά θαλάσσια ασπόνδυλα μπορεί να καταπιούν (M. C. Goldstein, D. S. Goodwin, PeerJ, 2013). Το μικρό τους μέγεθος καθιστά αυτά τα συντρίμια μη ανιχνεύσιμα στην πηγή τους και είναι

εξαιρετικά δύσκολο να αφαιρεθούν από ανοιχτά ωκεάνια περιβάλλοντα, υποδηλώνοντας ότι οι πιο αποτελεσματικές στρατηγικές μετριασμού είναι η μείωση των εισροών τους στο περιβάλλον.

Σε έρευνα που έγινε από τους Jambeck J.R., et al. το 2015, υπολογίστηκε η ετήσια εισροή πλαστικού στον ωκεανό από τα απόβλητα που παράγονται από τους παράκτιους πληθυσμούς σε όλο τον κόσμο. Ορίστηκαν τα κακώς διαχειριζόμενα απόβλητα ως υλικά που είτε είναι σκουπίδια είτε διατίθενται ανεπαρκώς. Τα ανεπαρκώς διατεθειμένα απόβλητα δεν τυγχάνουν επίσημης διαχείρισης και απορρίπτονται σε ανοιχτές, ανεξέλεγκτες χωματερές, όπου δεν περιορίζονται πλήρως. Τα κακοδιαχειριζόμενα απόβλητα θα μπορούσαν τελικά να εισέλθουν στον ωκεανό μέσω εσωτερικών πλωτών οδών, εκροών λυμάτων και με μεταφορά με άνεμο ή παλίρροιες. Οι εκτιμήσεις για τη μάζα των πλαστικών απορριμμάτων που μεταφέρονται από συγκεκριμένες πλωτές οδούς κυμαίνονται από <<1 kg την ημέρα έως 4,2 MT (4200kg) την ημέρα (Δούναβης) (H. S. Carson et al., 2013, A. Lechner et al. 2014). Λόγω της εξάρτησής τους από τα χαρακτηριστικά της τοπικής λεκάνης απορροής, αυτά τα αποτελέσματα δε μπορούν εύκολα να επεκταθούν σε παγκόσμια κλίμακα. Οι Jambeck J.R., et al, παρουσιάζουν ένα πλαίσιο για τον υπολογισμό της ποσότητας των κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων τα οποία παράγονται ετησίως από πληθυσμούς που ζουν σε απόσταση 50 χιλιομέτρων από μια ακτή και μπορούν αυτά τα απορρίμματα ενδεχομένως να εισέλθουν στον ωκεανό ως θαλάσσια συντρίμια. Για καθεμία από τις 192 παράκτιες χώρες με τουλάχιστον 100 μόνιμους κατοίκους που συνορεύουν με τον Ατλαντικό, τον Ειρηνικό και τον Ινδικό ωκεανό, τη Μεσόγειο και τη Μαύρη θάλασσα, το πλαίσιο περιλαμβάνει: i) τη μάζα των απορριμμάτων που παράγονται κατά κεφαλή ετησίως, ii) το ποσοστό των απορριμμάτων που είναι πλαστικό και iii) το ποσοστό των πλαστικών απορριμμάτων που υφίστανται κακή διαχείριση και άρα, έχουν τη δυνατότητα να εισέλθουν στον ωκεανό ως θαλάσσια συντρίμια (Science Online). Εφαρμόζοντας μια σειρά ποσοστών μετατροπής από κακοδιαχειριζόμενα απόβλητα σε θαλάσσια απορρίμματα, υπολογίστηκε η μάζα των πλαστικών απορριμμάτων που εισέρχονται στον ωκεανό από κάθε χώρα το 2010. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα αύξησης του πληθυσμού (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2012) ώστε να προβλεφθεί η αύξηση της μάζας ως το 2025 καθώς επίσης και η αύξηση του ποσοστού των απορριμμάτων που είναι πλαστικό. Λόγω έλλειψης πληροφοριών σχετικά με τη μελλοντική παγκόσμια ανάπτυξη υποδομών, η προβολή αντιπροσωπεύει ένα συνηθισμένο σενάριο.



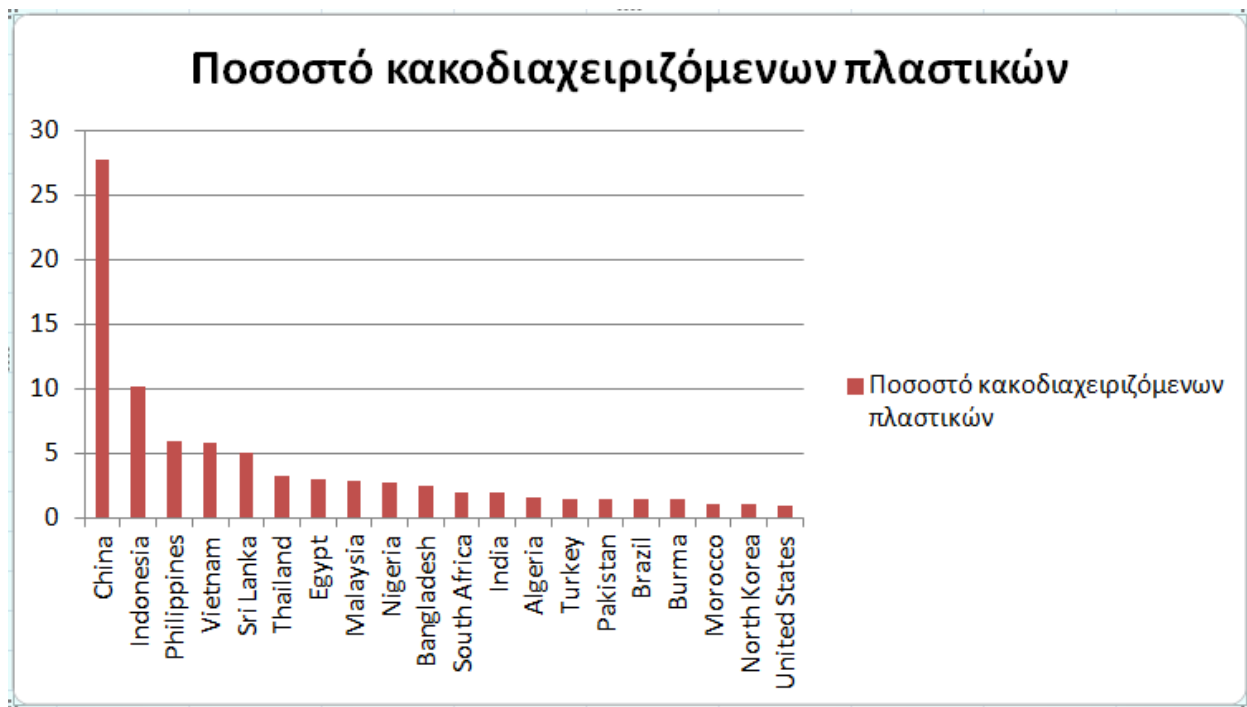
Εικ.11: Ποσοστό απόρριψης πλαστικών το 2010 (επεξεργασμένος χάρτης από το άρθρο Plastic waste inputs from land into the ocean, Jambeck JR et al., 2015)

Υπολογίστηκε ότι 2,5 δισεκατομμύρια MT αστικών στερεών αποβλήτων παρήχθησαν το 2010 από 6,4 δισεκατομμύρια ανθρώπους που ζουν σε 192 παράκτιες χώρες (93% του παγκόσμιου πληθυσμού). Αυτή η εκτίμηση είναι σε γενικές γραμμές συνεπής με εκτιμώμενα 1,3 δισεκατομμύρια τόνους αποβλήτων που παράγονται από 3 δισεκατομμύρια ανθρώπους στα αστικά κέντρα παγκοσμίως (Hooijweg, D. & Bhada-Tata, P., 2012). Περίπου το 11% (275 εκατομμύρια MT) των απορριμμάτων που παράγονται από το συνολικό πληθυσμό αυτών των 192 χωρών είναι πλαστικό. Αναμένεται ότι τα πλαστικά απόβλητα θα προέρχονται κυρίως από την παραγωγή πλαστικής ρητίνης (270 εκατομμύρια MT το 2010) (Plastics Europe, 2013). Με βάση τον πληθυσμό που ζει σε απόσταση 50 χιλιομέτρων από την ακτή (αυτό το ποσοστό πληθυσμού είναι πιθανό να δημιουργήσουν τα περισσότερα απόβλητα που μετατρέπονται σε θαλάσσια θραύσματα), υπολογίστηκε ότι 99,5 εκατομμύρια MT πλαστικών απορριμμάτων δημιουργήθηκαν σε παράκτιες περιοχές το 2010. Από αυτά, τα 31,9 εκατομμύρια MT ταξινομήθηκαν ως κακή διαχείριση και εκτιμάται ότι 4,8 ως 12,7 εκατομμύρια τόνοι εισήλθαν στον ωκεανό το 2010, που ισοδυναμεί με 1,7 έως 4,6% των συνολικών πλαστικών απορριμμάτων που παράγονται σε αυτές τους χώρες.

Η εκτίμηση των ερευνητών αυτού του άρθρου για τα πλαστικά απορρίμματα που εισέρχονται στον ωκεανό είναι μία έως τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από την αναφερόμενη μάζα των πλεύμενων πλαστικών θραυσμάτων (K. L. Law et al., 2010, 2014, A. Cózar et al., 2014, M. Eriksen et al., 2014). Αν και αυτές οι εκτιμήσεις για τους ωκεανούς αντιπροσωπεύουν μόνο πλαστικά που είναι πλεύμενα στο θαλασσινό νερό (κυρίως πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο), το 2010 αυτές οι ρητίνες αντιπροσώπευαν

το 53% της παραγωγής πλαστικού στη Βόρεια Αμερική και το 66% των πλαστικών αποβλήτων των ΗΠΑ (EPA, 2011, American Chemistry Council, 2013). Επειδή δεν υπάρχουν παγκόσμιες εκτιμήσεις για τις πηγές πλαστικού στον ωκεανό (π.χ. απώλειες από αλιευτικές δραστηριότητες ή πλοία στη θάλασσα ή εισροές από φυσικές καταστροφές), δεν υπάρχουν δεδομένα ως προς το ποιο κλάσμα της συνολικής εισροής πλαστικού αντιπροσωπεύει η εκτίμηση των χερσαίων αποβλήτων.

Το πλαίσιο αυτό των ερευνητών σχεδιάστηκε για να υπολογίζει, από τα καλύτερα διαθέσιμα δεδομένα, μια εκτίμηση τάξης μεγέθους της ποσότητας κακώς διαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων που δυνητικά εισέρχονται στον ωκεανό παγκοσμίως. Είναι επίσης ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των παραγόντων που καθορίζουν τις μεγαλύτερες πηγές με πλαστικά απορρίμματα που δεν έχουν διαχειριστεί σωστά. Η ποσότητα των κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων που παράγονται από τον παράκτιο πληθυσμό μιας μεμονωμένης χώρας κυμαίνεται από 1,1 ΜΤ έως 8,8 εκατομμύρια τόνους ετησίως, με τα κακοδιαχειρισμένα πλαστικά απόβλητα των κορυφαίων 20 χωρών να περιλαμβάνουν το 83% του συνόλου το 2010. Η συνολική ετήσια παραγωγή αποβλήτων είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση του μεγέθους του πληθυσμού, με τις κορυφαίες χώρες που παράγουν απόβλητα να έχουν από τους μεγαλύτερους παράκτιους πληθυσμούς. Όμως, το ποσοστό των κακοδιαχειριζόμενων αποβλήτων είναι επίσης σημαντικό κατά την αξιολόγηση των μεγαλύτερων συνεισφερόντων αποβλήτων που είναι διαθέσιμα να εισέλθουν στο περιβάλλον. Οι 16 από τους 20 κορυφαίους παραγωγούς πλαστικών είναι χώρες μεσαίου εισοδήματος, όπου πιθανώς η οικονομική τους ανάπτυξη είναι ραγδαία, αλλά δεν υπάρχει η υποδομή διαχείρισης αποβλήτων (το μέσο ποσοστό κακοδιαχείρισης αποβλήτων είναι 68%). Μόνο 2 από τις 20 κορυφαίες χώρες έχουν κακοδιαχείριση κλασμάτων μικρότερη από 15%. Εδώ, ακόμη και ένα σχετικά χαμηλό ποσοστό κακής διαχείρισης οδηγεί σε μεγάλη μάζα κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων λόγω του μεγάλου ποσοστού του παράκτιου πληθυσμού και ειδικά στις Ηνωμένες Πολιτείες, το ποσοστό παραγωγής απορριμμάτων κατά κεφαλήν είναι υψηλό. Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν βελτιώσεις στην υποδομή διαχείρισης απορριμμάτων, η ποσότητα πλαστικών απορριμμάτων που συσσωρεύονται και που είναι διαθέσιμη για να εισέλθει στο θαλάσσιο περιβάλλον από τη ξηρά προβλέπεται να αυξηθεί κατά μία τάξη μεγέθους έως το 2025. Η προβλεπόμενη γεωγραφική κατανομή των κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων το 2025 δεν αλλάζει ουσιαστικά, αν και η διαφορά μεταξύ αναπτυσσόμενων και βιομηχανικών χωρών αυξάνεται. Για παράδειγμα, τα κακοδιαχειριζόμενα πλαστικά απόβλητα στις Ηνωμένες Πολιτείες προβλέπεται ότι θα αυξηθούν κατά 22%, ενώ στις 5 πρώτες χώρες υπερδιπλασιάζεται. Η αύξηση σε αυτές τις χώρες μεσαίου εισοδήματος προκύπτει λόγω της αύξησης του πληθυσμού και των ποσοστών παραγωγής απορριμμάτων για το 2025 που συνάδουν με την οικονομική ανάπτυξη (Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P., 2012) και την προβλεπόμενη αύξηση του πλαστικού στη ροή των απορριμμάτων.



Εικ.12: Ποσοστό απόρριψης κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών παράκτιων χωρών (επεξεργασία δεδομένων από το άρθρο Plastic waste inputs from land into the ocean, Jambeck JR et al., 2015)

2.3 Τρόποι αντιμετώπισης της ρύπανσης

Προς στιγμήν, τα πλαστικά ταξινομούνται νομικά μαζί με άλλα στερεά απόβλητα και δεν αντιμετωπίζονται ως ρύποι όταν υφίστανται κακή διαχείριση. Ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να προκύψει μια συνολική ρύθμιση σε παγκόσμιο επίπεδο είναι μέσω μιας ανακατάταξης του υλικού με βάση στοιχεία για τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον και τον άνθρωπο (Rochman CM., et al., 2013). Αυτό θα μπορούσε να ληφθεί υπόψη κατά την ανάπτυξη μιας νέας παγκόσμιας σύμβασης για την παρακολούθηση και τη διαχείριση προβληματικών πλαστικών υλικών. Όπως υποστηρίζουν μελέτες που έχουν γίνει, τα πλαστικά στο θαλάσσιο περιβάλλον παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά έμμοιων οργανικών ρύπων (οργανικές ανθρωπογενείς ουσίες που επιμένουν, συσσωρεύονται και βλάπτουν την άγρια ζωή και τους ανθρώπους), αν και οι ιδιαιτερότητες της Σύμβασης της Στοκχόλμης δε θα ισχύουν για τα περισσότερα πλαστικά υλικά. Ωστόσο, οι κατηγοριοποιήσεις των υλικών μπορούν να παρέχουν ένα μέσο για την απομάκρυνση επιβλαβών ουσιών από το περιβάλλον, τη ρύθμιση της παραγωγής τους και την πρόληψη περαιτέρω συσσώρευσης αποβλήτων. Για παράδειγμα, οι Rochman et al., πρότεινε την ταξινόμηση ορισμένων πλαστικών ως επικίνδυνων ουσιών, αναγνωρίζοντας την προφανή βλάβη που προκαλούν στην άγρια πανίδα και στην ανθρώπινη υγεία, την τοξικότητα και την ανθεκτικότητά τους στο περιβάλλον. Μια άλλη δυνατότητα είναι η ταξινόμησή τους ως ρύπος προτεραιότητας, όπως ορίζεται από τον νόμο των ΗΠΑ για το καθαρό νερό. Οι ρύποι προτεραιότητας λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη προτύπων ποιότητας νερού και κατά τη διάρκεια ανάπτυξης περιορισμού εκροών, ειδικά όταν πρόκειται για τις απορρίψεις λυμάτων και πρέπει να αναπτυχθούν συνεπή πρωτόκολλα δοκιμών και όρια απόρριψης. Μια Παγκόσμια Σύμβαση για τη Ρύπανση από Πλαστικά θα μπορούσε επίσης να απαιτήσει από τους παραγωγούς και τις βιομηχανίες να δηλώνουν τα συστατικά από τα οποία αποτελούνται τα πλαστικά προϊόντα και να προειδοποιούν τους καταναλωτές για τις δυνητικά επιβλαβείς επιπτώσεις τους. Υπάρχουν επιτυχημένα προηγούμενα με την ανακατανομή των χλωροφθορανθράκων (CFC) ως επικίνδυνων το 1989 (Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ) και των POP το 2004 (Σύμβαση της Στοκχόλμης), αντίστοιχα (Rochman et al., 2013). Σχεδόν 200 χώρες σταμάτησαν την παραγωγή 30 επικίνδυνων χημικών ομάδων και στην περίπτωση των CFC, σταμάτησαν κάθε παραγωγή εντός 7 ετών. Μια αναταξινόμηση μέσω μιας Παγκόσμιας Σύμβασης για την Πλαστική Ρύπανση θα μπορούσε επίσης να παρακινήσει μελετητές να κάνουν νέα έρευνα για εναλλακτικές λύσεις που θα είναι λιγότερο επιβλαβείς, να βελτιώσει τις πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων και να αποτρέψει περαιτέρω συσσώρευση πλαστικών απορριμμάτων στο περιβάλλον.

Έναν άλλον τρόπο που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι κυβερνήσεις, είναι η εφαρμογή και η επιβολή κανονισμών για τον έλεγχο σημαντικών φορέων στην παραγωγή, χρήση, κατανάλωση και απόρριψη πλαστικών, ανεξάρτητα από το αν θεωρούνται επικίνδυνα ή όχι. Ο στόχος θα ήταν να ακολουθηθούν τα

τρία Rs (Reduce, Reuse and Recycle) – Μείωση, Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση – σε όλους τους τομείς και εν τέλει να δημιουργηθεί μια κυκλική, κλειστού βρόχου χρήση των πόρων με μηδενική εκβολή σε χώρους υγειονομικής ταφής ή στο περιβάλλον (GESAMP, 2016, 2015). Αυτό θα μπορούσε να υποστηριχθεί με κυβερνητικά κίνητρα, όπως εκτεταμένη ευθύνη παραγωγού (EPR) ή φορολογικές ελαφρύνσεις ή επιδοτήσεις για έργα ανακύκλωσης. Μια άλλη εναλλακτική λύση, που εφαρμόζεται σε μέρη της Αυστραλίας, είναι η θέσπιση φράγματος για ανακυκλώσιμα πλαστικά που απορρίπτονται σε χωματερές ή μετατροπή ενέργειας, με στόχο την εκτροπή πάνω από 80% στην ανακύκλωση. Ένας περαιτέρω σημαντικός ρόλος για τις κυβερνήσεις είναι η χρηματοδότηση βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας για τον υπολογισμό του τρέχοντος προβλήματος των πλαστικών και των κινδύνων που υπάρχουν για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Όταν αυτές οι επιπτώσεις τεκμηριωθούν επαρκώς με στοιχεία, η ρυθμιστική δράση μπορεί να εφαρμοστεί γρήγορα, όπως στις πρόσφατες εθνικές απαγορεύσεις για πλαστικά μικροσφαιρίδια σε προϊόντα καθαρισμού και καλλυντικών. Τέλος, τόσο οι κυβερνητικές όσο και οι μη κυβερνητικές οργανώσεις θα πρέπει να φτιάξουν προγράμματα εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης σχετικά με τις δυνητικά επιβλαβείς επιπτώσεις των πλαστικών στην ανθρώπινη υγεία, την υγεία των ζώων και το περιβάλλον. Επίσης, θα πρέπει να προωθήσουν τις εναλλακτικές επιλογές και τα προϊόντα που υπάρχουν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί για τα πλαστικά. Αυτό θα επιτρέψει σε όλους τους τομείς της κοινωνίας να δώσουν προτεραιότητα στο θέμα των πλαστικών και να συνεισφέρει ο καθένας όπως μπορεί, όπως να ακολουθήσουν τα τρία Rs.

Η βιομηχανία παραγωγής πλαστικών πρέπει να αναλάβει μεγαλύτερη ευθύνη κόστους και ριζικών λύσεων όσον αφορά την έρευνα υλικών και την κατασκευή πλαστικών προϊόντων. Δίνεται προτεραιότητα στην ανθρώπινη υγεία, στην άγρια πανίδα αλλά και στο περιβάλλον γενικά. Σε αυτή την επιβάρυνση θα πρέπει να περιλαμβάνονται το τελικό προϊόν καθώς και τα συστατικά και τα απόβλητά του. Δεύτερον, κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας πρέπει να ακολουθούνται όσο είναι δυνατό οι καλύτερες πρακτικές. Σε αυτές τις πρακτικές συμπεριλαμβάνονται η μείωση των επιβλαβών ουσιών και των αποβλήτων, η πρόληψη της απώλειας πλαστικών σφαιριδίων, η επιστροφή, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση πρώην πλαστικών προϊόντων. Επιπλέον, πρέπει να υπάρχει διαφάνεια σχετικά με τα συστατικά που χρησιμοποιούνται και τις διαδικασίες παραγωγής που ακολουθούνται (GESAMP, 2015). Τέλος, οι παραγωγοί πρέπει να επενδύσουν στην ανάπτυξη ασφαλέστερων και πιο βιώσιμων υλικών. Μια λύση είναι να παραχθούν και να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά προϊόντα που είναι λιγότερο επιβλαβή και λιγότερο ανθεκτικά, όπως τα αποικοδομήσιμα φυσικά προϊόντα ή τα βιοαποδομήσιμα πλαστικά (World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation. 2016). Η ανάπτυξη υλικών και ο σχεδιασμός προϊόντων μπορεί να περιλαμβάνουν αρχές Πράσινης Μηχανικής (Anastas PT, Zimmerman JB. 2003). Αυτό θα βοηθούσε στην αποφυγή πολλών από τις

εξωτερικές επιδράσεις των πλαστικών που συμβαίνουν αυτή τη στιγμή στο περιβάλλον. Επιπλέον, οι έννοιες της κυκλικής οικονομίας ξεπροβάλλουν σε όλο τον κόσμο και εφαρμόζονται στα πλαστικά υλικά, ιδιαίτερα στις συσκευασίες που έχουν παραχθεί από πλαστικό (World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation. 2016, Ellen MacArthur Foundation. 2017). Και οι δύο αυτές κατευθυντήριες λύσεις προωθούν μη τοξικά υλικά, με την ικανότητα βιοαποικοδόμησης και ανακύκλωσης. Τα υλικά και τα προϊόντα που κατασκευάζονται με πιο ομοιογενείς ενώσεις θα κάνουν επίσης την ανακύκλωση πιο αποτελεσματική. Τα υλικά και τα προϊόντα μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να διατηρούν την αξία τους, για συλλογή, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Μια άλλη λύση είναι η ενίσχυση της διάρκειας ζωής και χρήσης των πλαστικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων της μείωσης των πλαστικών μιας χρήσης, των επιλογών επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, καθώς και της ανάκτησης ενέργειας (GESAMP, 2015, Plastics Europe, 2016). Και τέλος, οι παραγωγοί μπορούν να αναλάβουν μεγαλύτερη ευθύνη για τη διαχείριση προϊόντων, συμβάλλοντας στην καλύτερη διαχείριση στο τέλος του κύκλου ζωής των υλικών και των προϊόντων που διανέμουν σε μια συγκεκριμένη χώρα. Αντιλαμβανόμενοι το πρόβλημα των θαλάσσιων απορριμμάτων, 69 ενώσεις πλαστικών σε 35 χώρες έχουν υπογράψει τη Διακήρυξη των Παγκόσμιων Ενώσεων Πλαστικών για Λύσεις για τα Θαλάσσια Απορρίματα το 2011. Αυτές οι προσπάθειες θα πρέπει να συνεχιστούν και να επεκταθούν ώστε να αντιμετωπίζονται τα πλαστικά στο τέλος της ζωής τους και ως επιβλαβείς και επίμονοι ρύποι.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί χρήστες και καταναλωτές πλαστικών προϊόντων, από τις συσκευασίες τροφίμων έως τις αλιευτικές βιομηχανίες, από τις ιατρικές προμήθειες ως τις εταιρείες επικοινωνίας και τα κοινοτικά ιδρύματα ως μεμονωμένους καταναλωτές. Ανεξάρτητα από την κλίμακα κατανάλωσης και διαχείρισης, όλοι οι χρήστες και οι καταναλωτές πρέπει να προωθήσουν, να ακολουθήσουν και να τηρήσουν τα τρία Rs ως μια βασική συμβολή στη μείωση της παραγωγής και κατανάλωσης πλαστικών απορριμμάτων και της εισροής τους στο θαλάσσιο περιβάλλον (GESAMP 2015, 2016). Για παράδειγμα, μπορούν να μειώσουν τη χρήση μεμονωμένων πλαστικών και να τα αντικαταστήσουν με εναλλακτικά προϊόντα που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να ανακυκλωθούν ή με προϊόντα που είναι ήδη μεταχειρισμένα. Ένα βασικό μέτρο για τη διασφάλιση της ανακύκλωσης είναι η μόνιμη τοποθέτηση δοχείων, που χρησιμοποιούνται ευρέως για δοχεία ποτών και αποτελούν αποτελεσματικό κίνητρο για την αποφυγή εκτροπής σε χώρους υγειονομικής ταφής. Για τα μη ανακυκλώσιμα υλικά, η βασική συμβολή είναι η υπεύθυνη διάθεση απορριμμάτων, είτε σε βιομηχανικό, είτε σε προσωπικό πλαίσιο. Για παράδειγμα, τα αλιευτικά εργαλεία – φαντάσματα, αυτά δηλαδή που έχουν χαθεί ή απορριφθεί στη θάλασσα συμβάλλουν περίπου στο 10% όλων των θαλάσσιων απορριμμάτων, υπολογίζεται δηλαδή σε περίπου 640000 τόνους (Cressey D. 2016). Η υπεύθυνη διαχείριση των απορριμμάτων καθώς και τα βιοαποδομήσιμα αλιευτικά εργαλεία θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά τις επιπτώσεις που

προκαλούνται στη θαλάσσια ζωή. Ανάλογα με τον αριθμό των αντικειμένων, τα τσιγάρα, τα καπάκια και τα πλαστικά μπουκάλια ήταν μεταξύ των τριών κορυφαίων στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του Διεθνούς Καθαρισμού Ακτών του 2012 που ήταν η μεγαλύτερη εθελοντική προσπάθεια στον κόσμο για τη συλλογή δεδομένων για τα θαλάσσια απορρίμματα (Thevenon F, Carroll C, Sousa J, eds. 2014). Έτσι, μια ακόμη πολύ βασική συνεισφορά όλων των χρηστών και των καταναλωτών στη μείωση των πλαστικών είναι η αυξημένη ευαισθητοποίηση σχετικά με το θέμα της πλαστικής ρύπανσης και η προθυμία να βοηθήσουν στην επίλυσή του μέσω υπεύθυνης απόρριψης και με συμμετοχή σε καθαρισμούς παραλιών ή οδών, καθώς και μοϊκοτάζ ιδιαίτερα προβληματικών προϊόντων όπως το BPA – που περιέχεται σε μπουκάλια νερού ή μικροσφαιρίδια σε καλλυντικά και προϊόντα καθαρισμού.



Εικ. 13: Σκουπίδια που απορρίπτονται πιο συχνά στις παραλίες

(<https://www.plasticpollutioncoalition.org/blog/2015/9/19/how-much-trash-is-really-at-your-beach>)

Η σωστή συλλογή, η διάθεση και η επεξεργασία απορριμμάτων είναι βασικά ζητήματα σε πολλές περιοχές σε όλο τον κόσμο που πρέπει να βελτιωθούν άμεσα ώστε να μειωθούν τα πλαστικά απορρίμματα και κατά συνέπεια και η ρύπανση στους ωκεανούς (Jambeck, J. R. Et al., 2015). Στην ιδανική περίπτωση, όλες οι χώρες θα εφαρμόζουν ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων που συνδυάζουν μεθόδους μείωσης των απορριμμάτων. Επιπλέον, υπάρχει η ανάγκη να μελετηθούν μέθοδοι απομάκρυνσης μακροσκοπικών πλαστικών απορριμμάτων από διάφορα μέρη του θαλάσσιου περιβάλλοντος, ιδιαίτερα τα χαμένα αλιευτικά εργαλεία και άλλα υλικά που συχνά προκαλούν εμπλοκή και θάνατο των θαλάσσιων θηλαστικών, χελωνών και πτηνών. Στο τέλος, ο στόχος θα πρέπει να είναι μηδενικά απόβλητα, όπως προωθείται για παράδειγμα από τη Διεθνή Συμμαχία Μηδενικών Αποβλήτων και τη Νέα Οικονομία Πλαστικών (World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation. 2016). Εδώ, η μείωση των απορριμμάτων και η διατήρηση των υλικών θα πρέπει να έχουν προτεραιότητα. Τα

προηγούμενα θα πρέπει να ακολουθούνται από την κυκλική χρήση των πόρων και την τελική εξάλειψη της έννοιας των αποβλήτων. Ένα σημαντικό μέρος αυτού είναι να αλλάξει το παράδειγμα του πλαστικού ως απόβλητου και να γίνει το πλαστικό ως πολύτιμος πόρος σε μια κυκλική οικονομία. Ωστόσο, αυτό θα απαιτούσε ανθεκτικά και μη τοξικά προϊόντα που είναι ειδικά κατασκευασμένα για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το πλαστικό θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για ανάκτηση ενέργειας, αν και τα οφέλη του κύκλου ζωής του πλαστικού δε μπορεί κάποιος να τα υπολογίσει με σιγουριά και εξαρτώνται από τους τοπικούς κανόνες και τις τοπικές συνθήκες (Astrup TF, et al., 2015). Επιπλέον, σε μια ανάλυση κοινωνικού κόστους και σύγκρισης της ανάκτησης ενέργειας από απόβλητα στις Ηνωμένες Πολιτείες, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γερμανία και τη Σουηδία, καθίσταται σαφές ότι το τοπικό πλαίσιο και η κοινωνική αποδοχή είναι βασικοί παράγοντες όταν εξετάζεται η παραγωγή ενέργειας από απορρίμματα (Miranda ML, Hale B. 1997). Αρκετές ευρωπαϊκές χώρες έχουν ήδη εφαρμόσει απαγορεύσεις υγειονομικής ταφής, με αποτέλεσμα να αυξηθούν σημαντικά τα ποσοστά ανακύκλωσης και ανάκτησης ενέργειας (Plastic Europe, 2016).

Η μελέτη της πλαστικής ρύπανσης είναι εγγενώς διεπιστημονική. Αν και οι επιπτώσεις του πλαστικού στα ζώα ανακαλύφθηκαν για πρώτη φορά από βιολόγους (Ryan PG, Moore CJ, Franeker JA, Moloney CL. 2009), το πεδίο και κατ' επέκταση και οι γνώσεις έχουν επεκταθεί για να συμπεριλάβουν μια ευρεία ποικιλία επιστημονικών κλάδων, συμπεριλαμβανομένων της θαλάσσιας επιστήμης, της οικολογίας, της ανθρώπινης υγείας, της περιβαλλοντικής επιστήμης και μηχανικής, της οικονομίας, της πολιτικής και κοινωνικής επιστήμης των πολιτών. Δεν υπάρχει ακόμη επαρκής κατανόηση των πηγών και των εισόδων πλαστικού που εισέρχεται στον ωκεανό. Αν και οι εκτιμήσεις από τη ξηρά είναι ως επί το πλείστον πλήρεις για συντρίμια που προέρχονται από μέσο – και μακροπλαστικά (Geyer R, Jambeck JR, Law KL. 2017), οι θαλάσσιες πηγές δεν έχουν ποσοτικοποιηθεί πλήρως και οι μικρο- ή νανοπλαστικές οδοί δεν έχουν γίνει πλήρως κατανοητές. Σε αυτό το σημείο, βρίσκουμε πλαστικό όπου κι αν κοιτάξουμε – να επιπλέει στην επιφάνεια του ωκεανού, στα ιζήματα, στον πυθμένα του ωκεανού και στη βαθιά θάλασσα, στη στήλη του νερού, στον πολικό πάγο και τις ακτές. Απαιτείται περισσότερη έρευνα και δράση για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα «πού είναι το πλαστικό που λείπει;» Η μεταφορά των πλαστικών δεν είναι επίσης καλά κατανοητή, ειδικά οι φυσικές και βιολογικές διεργασίες και τα χρονοδιαγράμματα του πλαστικού κατακερματισμού. Αυτές οι πληροφορίες θα βοηθήσουν ώστε να γίνουν καλύτερες εκτιμήσεις του κινδύνου που αντιμετωπίζουν τα θαλάσσια είδη, τα οικοσυστήματα και οι άνθρωποι (Hardesty B, Wilcox C. 2017). Για την ανθρώπινη διάσταση της πλαστικής ρύπανσης, συνιστάται οι στρατηγικές για τη μείωση των θαλάσσιων απορριμμάτων να καθοδηγούνται τόσο από τις κοινωνικές, όσο και από τις φυσικές επιστήμες. Η κοινωνική επιστήμη διαθέτει εργαλεία για την αξιολόγηση της ανθρώπινης αντίληψης, επικοινωνίας και παρέμβασης και αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξέταση της

επιλογής των καταναλωτών και της συμπεριφοράς διαχείρισης απορριμμάτων, την αντίληψη του κινδύνου και την αξιολόγηση της λήψης αποφάσεων (Pahl S, Wyles K. 2017). Η συμμετοχή των πολιτών έχει υψηλή προτεραιότητα από αυτή την άποψη. Εξάλλου, το πρόβλημα των θαλάσσιων απορριμμάτων είναι συλλογικό μέσω των καταναλωτικών μας συνηθειών.

Μια πολύ θετική εξέλιξη από αυτή την άποψη είναι η ανάπτυξη της ευαισθητοποίησης των πολιτών, με εκατομμύρια ανθρώπους να συμμετέχουν σε προγράμματα καθαρισμού των ακτών και συλλογής δεδομένων. Έχουν αναπτυχθεί προγράμματα ευαισθητοποίησης του πολίτη για την παρακολούθηση της ακτογραμμής, τη μικροπλαστική δειγματοληψία (καθαρές ρυμουλκήσεις και δειγματοληψία νερού) και τη μικροβιολογική δειγματοληψία (Zettler ER., et al., 2017). Η τεχνολογία έχει διευκολύνει τη συλλογή δεδομένων με ταχύτητα και ακρίβεια που δεν ήταν προηγουμένως διαθέσιμη με εφαρμογές για κινητά (Jambeck JR, Johnsen K. 2015). Το Marine Debris Tracker, που χρηματοδοτείται από το Πρόγραμμα Marine Debris NOAA, είναι η παλαιότερη από τις εφαρμογές που υπάρχουν για συλλογή δεδομένων απορριμμάτων με περισσότερα από 1 εκατομμύριο αντικείμενα να συλλέγονται και να έχουν συνδεθεί στη βάση δεδομένων από την κυκλοφορία τους το 2011. Οι εφαρμογές επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και την άμεση ανατροφοδότηση προς τους χρήστες, καθώς και πρόσβαση στα δεδομένα τους σε μορφή γραφικών ή υπολογιστικού φύλλου (Jambeck JR, Johnsen K. 2015).

Πρόσφατη έρευνα σχετικά με το εύρος της παγκόσμιας παραγωγής πλαστικών και τη ρύπανση, έχει δείξει ότι αυτό είναι ένα από τα κυρίαρχα περιβαλλοντικά ζητήματα, ειδικά στον ωκεανό. Πλαστικά συντρίμια όλων των μεγεθών συσσωρεύονται γρήγορα με ρυθμό 4,8 – 12,7 Mt ετησίως χωρίς να υπάρχουν επιλογές για αφαίρεση μεγάλης κλίμακας, αλλά με παγκόσμια hotspots απελευθέρωσης. Τα μικροπλαστικά συνεισφέρουν στη συντριπτική πλειοψηφία των σωματιδίων κατά αριθμό, αλλά όχι κατά βάρος. Οι βιολογικές επιδράσεις στα ζώα και ενδεχομένως και στον άνθρωπο είναι πολύπλοκες, αλλά περιγράφονται λεπτομερείς μηχανισμοί και πρότυπα. Οι επιπτώσεις της εμπλοκής και της κατάποσης πλαστικών υπολειμμάτων είναι πολύ πιο μελετημένες και τεκμηριωμένες από τις τοξικές επιδράσεις και επηρεάζουν τουλάχιστον 693 τεκμηριωμένα είδη. Σημαντικά κενά γνώσης υπάρχουν σχετικά με τις οδούς που παίρνουν τα πλαστικά υπολείμματα και οι σχετικοί ρύποι (τα πρόσθετα είναι άλλοι ρύποι που απορροφώνται από πλαστικά σωματίδια) από την επιφάνεια στα ενδιαιτήματα και τα ιζήματα βαθιών υδάτων, καθώς και γύρω από τον τρόπο με τον οποίο αυτοί οι ρύποι μετακινούνται μέσω της τροφικής αλυσίδας. Τόσο η αφθονία, όσο και οι βιολογικές επιδράσεις των νανοπλαστικών στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι πρακτικά άγνωστες και αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό ερευνητικό σύνορο. Τις δεκαετίες του 1950 και του 1960 οι ουσίες διχλωροδιφαινυλοτριχλωροαιθάνιο (DDT) και PCB χρησιμοποιούνταν σε αφθονία και υπήρχαν οργανώσεις που προσπαθούσαν να ευαισθητοποιήσουν τον

κόσμο σχετικά με τις πιθανές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις τους (Carson R. 1962). Μισό αιώνα αργότερα, η απελευθέρωση των περισσότερων POP στο περιβάλλον έχει μειωθεί αρκετά ή ακόμη και εξαλειφθεί. Τα πλαστικά, ωστόσο, μπορεί να προκαλέσουν βλάβη σε μεγάλη κλίμακα, αν και τα περισσότερα από τα τεκμηριωμένα αποτελέσματά τους μέχρι στιγμής είναι φυσικά, μη τοξικά και βρίσκονται στους ωκεανούς, όπου οι περισσότεροι άνθρωποι δεν βλέπουν τις επιπτώσεις τους. Ωστόσο, το εύρος του ότι το 90% των θαλάσσιων πτηνών επηρεάζονται από την κατάποση πλαστικού, με αυξητικές τάσεις, μεταφέρει μια σιωπηλή αναλογία στη σφαίρα των πιθανοτήτων (Worm B. 2015). Σε αυτή την έρευνα που έγινε από τους Worm B., et al. (2017), επισημαίνονται αναλογίες μεταξύ των προβλημάτων που εμφανίστηκαν γύρω από τους POP πριν από 50 χρόνια και της εξελισσόμενης κρίσης της πλαστικής ρύπανσης σήμερα. Μπορούμε να μάθουμε από την εμπειρία με τους POP, αλλά πρέπει να αντιμετωπίσουμε την πλαστική ρύπανση με διαφορετικό τρόπο, καθώς αποτελεί μοναδικό πρόβλημα στην κοινωνία μας και στο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, το πρόβλημα των πλαστικών δε θα λυθεί πιθανότατα μόνο με την απλή απαγόρευση της παραγωγής όλων των προβληματικών ουσιών. Αν και αυτή είναι μια επιλογή που μπορεί να εφαρμοστεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. μικροσφαιρίδια σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας ή BPA σε βρεφικά προϊόντα), τα πλαστικά θα παραμείνουν ένα σημαντικό υλικό στο μέλλον της ανθρωπότητας. Ωστόσο, πολλά μέτρα μπορούν να ληφθούν και θα ληφθούν για να μειωθεί έως και να εξαλειφθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η πλαστική ρύπανση (United Nations (UN) Newscentre, 2017). Μάλιστα τα τελευταία χρόνια έχουν παρθεί πολλές ενθαρρυντικές πρωτοβουλίες. Η προσοχή που δίνεται σε αυτό το ζήτημα από το κοινό, τους επιστήμονες και τους υπεύθυνους πολιτικούς βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο όλων των εποχών και αρχίζουν να εμφανίζονται προοδευτικές πολιτικές. Οι πηγές και οι εισοδοί πλαστικής ρύπανσης αρχίζουν να γίνονται πιο σαφείς και οι καταναλωτές αρχίζουν να ευαισθητοποιούνται και να κατανοούν τους κινδύνους που συνδέονται με την απόρριψη πλαστικών στο περιβάλλον. Αυτό που λείπει είναι ο συντονισμός μεταξύ των τομέων, των ομάδων ενδιαφερόμενων και των εθνών για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος με συντονισμένο και συστηματικό τρόπο. Εδώ προτείνετε ότι μια Παγκόσμια Σύμβαση για την Πλαστική Ρύπανση θα μπορούσε να επιτύχει αυτό που πέτυχε η Σύμβαση της Στοκχόλμης για τους POP, αν και αναμφίβολα με μια ευρύτερη σειρά μέτρων και εργαλείων. Παρόλα αυτά, ο τελικός στόχος των σχεδόν μηδενικών εισροών πλαστικών στον ωκεανό φαίνεται να είναι εφικτός και θα πρέπει να αποτελέσει την ένωση για την περιβαλλοντική πολιτική σε παγκόσμια κλίμακα (Worm B., et al., 2017).

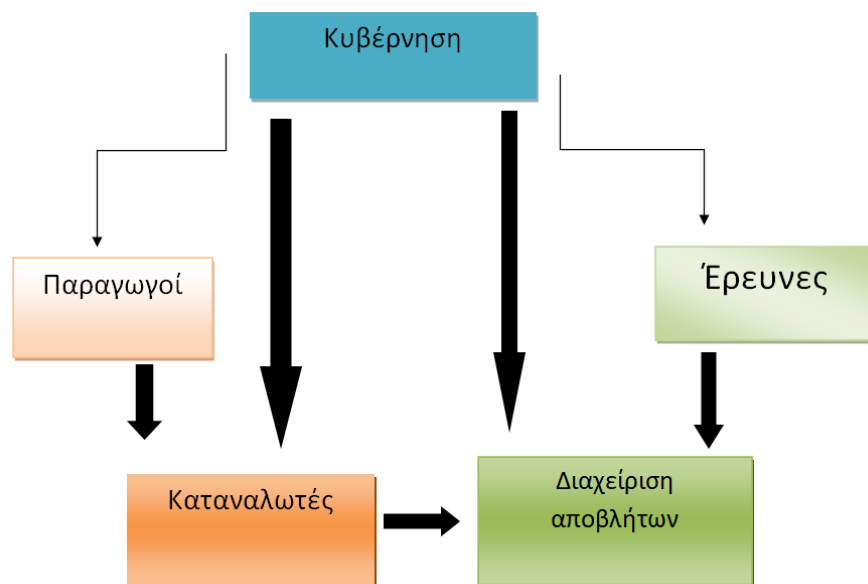
Το αναλυτικό πλαίσιο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση πιθανών στρατηγικών μετριασμού των πλαστικών. Για παράδειγμα, αν το κλάσμα των κακοδιαχειριζόμενων απορριμμάτων μειωνόταν κατά 50% (δηλαδή, αύξηση κατά 50% στην επαρκή διάθεση απορριμμάτων) στις 20

κορυφαίες χώρες, η μάζα των κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων θα μειωνόταν κατά 41% ως το 2025. Αν η μείωση εφαρμόζεται μόνο στις 10 κορυφαίες χώρες το ποσοστό θα έφτανε στο 34% και στο 26% αν εφαρμόζεται στις 5 κορυφαίες χώρες. Για να υπάρξει μείωση κατά 75% της μάζας των κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων, η διαχείριση των απορριμμάτων θα πρέπει να βελτιωθεί σε ένα ποσοστό 85% στις 35 χώρες που κατατάσσονται στην κορυφή. Αυτή η στρατηγική θα απαιτούσε σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές κυρίως σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος. Εναλλακτικά, η μειωμένη παραγωγή απορριμμάτων και η χρήση πλαστικών θα ελαχιστοποιούσαν επίσης την ποσότητα των κακοδιαχειριζόμενων πλαστικών απορριμμάτων. Αν η παραγωγή αποβλήτων κατά άτομο μειωνόταν στο μέσο όρο του 2010 (1,7 kg/ ημέρα) στις 91 παράκτιες χώρες που την υπερβαίνουν και το ποσοστό πλαστικού στη ροή αποβλήτων περιοριζόταν στο 11% (ο μέσος όρος των 192 χωρών το 2010), τότε θα σημειωνόταν μείωση 26% ως το 2025. Αυτή η στρατηγική θα στοχεύει σε χώρες με υψηλότερο εισόδημα και ενδέχεται να απαιτήσει μικρότερες παγκόσμιες επενδύσεις. Με μια συνδυασμένη στρατηγική, στην οποία επιτυγχάνεται συνολική καλή διαχείριση απορριμμάτων (0% κακοδιαχείριση απορριμμάτων) στις 10 κορυφαίες χώρες και η παραγωγή πλαστικών απορριμμάτων περιορίζεται όπως περιγράφεται παραπάνω, τότε θα μπορούσε να επιτευχθεί μείωση 77%, ελαχιστοποιώντας την ετήσια εισροή πλαστικών απορριμμάτων στον ωκεανό σε 2,4 ως 6,4 εκατομμύρια τόνους έως το 2025.

Στις παραπάνω εκτιμήσεις υπάρχουν πηγές αβεβαιότητας οι οποίες προκύπτουν από τις σχετικά λίγες μετρήσεις παραγωγής, χαρακτηρισμού, συλλογής και διάθεσης απορριμμάτων, ειδικά εκτός αστικών κέντρων. Ακόμη και όταν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα, οι μεθοδολογίες δεν ήταν πάντα σωστές και ορισμένες δραστηριότητες λανθασμένα δεν λαμβάνονται υπόψη, όπως η παράνομη απόρριψη (ακόμη και σε χώρες υψηλού εισοδήματος) και η ad hoc ανακύκλωση ή άλλη άτυπη συλλογή απορριμμάτων (ειδικά σε χώρες χαμηλού εισοδήματος). Επιπλέον, δεν συμπεριλήφθηκαν οι πληροφορίες από τις διεθνείς εισαγωγές και εξαγωγές αποβλήτων, κάτι που θα επηρέαζε τις εθνικές εκτιμήσεις, αλλά όχι τα παγκόσμια σύνολα. Αν και οι εθνικές εκτιμήσεις είναι κάπως ευαίσθητες στο μοντέλο που προβλέπει το ποσοστό των κακοδιαχειριζόμενων αποβλήτων, η παγκόσμια εκτίμηση και η κατάταξη των κορυφαίων χωρών δεν είναι. Οι μακροπρόθεσμες προβλέψεις είναι και αυτές ευαίσθητες στο μοντέλο που προβλέπει την ανάπτυξη του πλαστικού στη ροή των αποβλήτων. Η ιστορική ανάπτυξη μπορεί να μην είναι καλός δείκτης μελλοντικών τάσεων (Science Online). Η συμπερίληψη του οικονομικού κόστους της υλοποίησης, καθώς και των κοινωνικοπολιτιστικών, περιβαλλοντικών και άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη της υποδομής, θα βελτιώνε την αξιολόγηση των στρατηγικών μείωσης των πλαστικών απορριμμάτων (R. E. Marshall, K. Farahbakhsh, 2013).

Δε θα φτάσουμε σε παγκόσμια «αιχμή σπατάλης» πριν το 2100 (D. Hoornweg, P. Bhada-Tata, C. Kennedy, 2013). Τα απόβλητά μας θα συνεχίσουν να αυξάνονται εφόσον αυξάνεται και ο πληθυσμός και

κατά συνέπεια αυξάνεται και η κατανάλωση ανά άτομο που σχετίζεται με την οικονομική ανάπτυξη, ειδικά σε αστικές περιοχές και αναπτυσσόμενες αφρικανικές χώρες. Ιστορικά, η διαχείριση απορριμμάτων με ταφή ή καύση απορριμμάτων ήταν επαρκής για αδρανή ή βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα, αλλά η ραγδαία ανάπτυξη των συνθετικών πλαστικών και η απόρριψή τους απαιτεί να γίνει μια αλλαγή. Οι μακροπρόθεσμες λύσεις θα περιλαμβάνουν πιθανώς τη μείωση των αποβλήτων και τις στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων «κατάντη», όπως εκτεταμένα συστήματα ανάκτησης και εκτεταμένη ευθύνη του παραγωγού (M. Braungart, 2013, T. Lindhqvist, K. Lidgren, 1990). Η βελτίωση της υποδομής διαχείρισης απορριμμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι πρωταρχικής σημασίας και είναι κάτι που θα απαιτήσει σημαντικούς πόρους και χρόνο. Παράλληλα με την ανάπτυξη τέτοιων υποδομών, οι βιομηχανικές χώρες μπορούν να αναλάβουν άμεση δράση μειώνοντας τα απόβλητα και περιορίζοντας την ανάπτυξη των πλαστικών μιας χρήσης (Jenna R., et al., 2015).



Εικ.14: Συνεργασία όλων των κλάδων της κοινωνίας για την επίλυση του προβλήματος των πλαστικών (επεξεργασία εικόνας από το άρθρο Plastic as a Persistent Marine Pollutant, Worm B., et al., 2017)

3. Αφηγηματικοί χάρτες (StoryMaps)

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας έγινε δυνατή η δημιουργία ενός συνόλου εργαλείων, που ονομάζεται «Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών» (G.I.S) που παρέχει την δυνατότητα συλλογής, αποθήκευσης, ανάλυσης και παρουσίασης δεδομένων και πληροφοριών της περιοχής η οποία κάθε φορά είναι υπό μελέτη (Παυλόπουλος Κ., Γαλάνη Α., 2012).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems) είναι λογισμικά σε υπολογιστές, όπου αξιοποιούν τις δυνατότητές τους για αποθήκευση, ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων που συνδέονται με κάποια γεωγραφική πληροφορία (Ευελπίδου Ν., Αντωνίου Β, 2015).

Τη δεκαετία 1960 – 1970 ο γεωγράφος R.Tomlinson και η IBM ξεκίνησαν τα Σ.Γ.Π., αναπαριστώντας οδικά δίκτυα και χρήσεις γης (Goodchild, 2005). Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει ο Κουτσόπουλος (2002) *‘Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι η οργανωμένη συλλογή υπολογιστικών μηχανημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον’*. Χρειάζεται συγκεκριμένο λογισμικό σύστημα για να μπορέσει να λειτουργήσει το πρόγραμμα GIS, ώστε ο χρήστης του προγράμματος να μπορεί να διαχειρίζεται τα δεδομένα (χωρικά και μη) που έχει στη διάθεσή του κάθε φορά (Νικολακόπουλος, 2015). Η οπτικοποίηση της γεωγραφικής πληροφορίας επιτρέπει τη μελέτη διάφορων φυσικών φαινομένων, καθώς και τη μοντελοποίησή τους.

Η τεχνολογία των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), η οποία εδώ και πολύ καιρό παρέχει, μεταξύ άλλων, αποτελεσματικές λύσεις στην οπτικοποίηση και στην ανάλυση πληροφοριών σχετικά με τη γη, εφαρμόζεται πλέον με παρόμοιο τρόπο και για τους ωκεανούς. Τα τελευταία χρόνια, η δυνατότητα μέτρησης των αλλαγών στους ωκεανούς (συμπεριλαμβανομένων των ανοιχτών ωκεανών και των ακτών) έχει βελτιωθεί, όχι μόνο λόγω των αναβαθμισμένων συσκευών μέτρησης και των επιστημονικών τεχνικών, αλλά και επειδή η τεχνολογία GIS έχει βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση αυτού του περιβάλλοντος, παρέχοντας από απλές εφαρμογές που συλλέγουν και εμφανίζουν δεδομένα, έως πολύπλοκες προσομοιώσεις, μοντελοποίηση και ανάπτυξη νέων ερευνητικών μεθόδων. Το 2012, η ESRI ξεκίνησε ένα πρόγραμμα, το Ocean GIS ώστε να ενισχύσει τις δυνατότητες των εφαρμογών του GIS τόσο σε παράκτιες περιοχές, όσο και στον ανοιχτό ωκεανό. Η ανάγκη για τη δημιουργία του προγράμματος αυτού, ήταν η παροχή ορισμένων πιο αποτελεσματικών εργαλείων και τεχνικών χαρτογράφησης για την αντιμετώπιση πρόσφατων περιβαλλοντικών καταστροφών, όπως η πετρελαιοκηλίδα του Deepwater Horizon στον κόλπο του Μεξικού και ο σεισμός με το επακόλουθο

τσουνάμι του Tohoku – Oki στην Ιαπωνία. Κατά την Παγκόσμια Ημέρα Υδρογραφίας το 2011, η ESRI κυκλοφόρησε επίσημα τον πρώτο παγκόσμιο χάρτη βάσης ωκεανών στο ArcGIS Online. Αυτός ο χάρτης δημιουργήθηκε ώστε να παρέχει την καλύτερη δυνατή χαρτογραφική αναπαράσταση έγκυρων βαθμιαίων δεδομένων, καθώς και χαρακτηριστικών του βυθού των ωκεανών. Η κυκλοφορία του ωκεανογραφικού χάρτη αντιπροσωπεύει ένα κρίσιμο πρώτο βήμα για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που να αφορά εξολοκλήρου τους ωκεανούς (Dawn J. Wright, 2013).

Η πλατφόρμα χαρτογράφησης ArcGIS Online εμφανίστηκε το 2012 στο πλαίσιο μιας διαδικτυακής δομής (SOA-Service Oriented Architecture), με νέες δυνατότητες διαχείρισης και υποστήριξης, εισάγοντας τους χρήστες σε ένα νέο τρόπο εργασίας (Webb & Stafford, 2013, Jarvis et al., 2015). Η πλατφόρμα αυτή παρέχει δυνατότητες για αναζήτηση και δημοσίευση δεδομένων, χαρτογράφηση (cloud based), δημιουργία και αξιοποίηση διαθέσιμων εφαρμογών. Οι διαδικτυακοί χάρτες που δημιουργούνται, διαμορφώνονται και διαμοιράζονται σε εφαρμογές και σε όλη την πλατφόρμα ArcGIS (JSON files). Έτσι, οι αναλογικοί χάρτες που εκτυπώνονται σε χαρτί και συνοδεύονται από επεξηγηματικό υπόμνημα αντικαθίστανται από ψηφιακούς, διαδραστικούς, διαδικτυακούς χάρτες. Ο χρήστης μπορεί πλέον να αλληλεπιδράσει με το χάρτη, να προσθέσει πληροφορίες και να τους χρησιμοποιήσει για να οπτικοποιήσει το περιεχόμενο που τον ενδιαφέρει. Οι ψηφιακοί, διαδικτυακοί χάρτες μπορούν να παρουσιαστούν γρήγορα και εύκολα σε ολόκληρο τον κόσμο. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση μπορεί να έχει και μειονεκτήματα, όπως είναι η πιθανότητα διάδοσης παραπλανητικών πληροφοριών. Όσον αφορά τη χρήση των κύριων εργαλείων, μπορεί να υπάρχουν δύο προβλήματα: α) οι δυνατότητες ηλεκτρονικής ανάλυσης και επεξεργασίας είναι λιγότερες, για την ώρα, σε σύγκριση με το κλασικό λογισμικό GIS και β) οι συχνές αναβαθμίσεις είτε στην ηλεκτρονική πλατφόρμα είτε σε διαφορετικά προγράμματα, μπορεί να προκαλέσουν τεχνικά προβλήματα κατά την κατασκευή και τη συντήρηση της εφαρμογής (Antonίου V., et al., 2018).

Τα Story Maps αποτελούν μια από τις πολλές εφαρμογές των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών η οποία δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να περιγράφει τα δεδομένα που διαθέτει μέσω μιας αφηγηματικής ιστορίας που είναι δυνατόν να περιλαμβάνει κείμενα, χάρτες, πίνακες, φωτογραφίες, βίντεο, ηχητικά κλιπ, διαδικτυακές εφαρμογές, κ.λπ.

Οι αφηγηματικοί χάρτες είναι διαδικτυακές εφαρμογές που επιτρέπουν σε επιστήμονες, εκπαιδευτικούς, αλλά και στο ευρύ κοινό να εμπλουτίζουν τους διαδραστικούς χάρτες με κείμενο, σχήματα και πολυμεσικό περιεχόμενο. Ένας αφηγηματικός χάρτης που είναι ευρέως διαθέσιμος, επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να έχουν πρόσβαση σε διαδραστικά μοντέλα και δεδομένα του πραγματικού κόσμου, τα οποία βοηθούν στη διαδικτυακή μάθηση (Ally, M. 2008). Η συμπαγής μορφή των story maps είναι

ιδιαίτερα προσιτή, καθώς είναι αποτελεσματικοί για την οπτικοποίηση περίπλοκων ιδεών και πολλών πληροφοριών σε μια οργανωμένη, φιλική προς το χρήστη διασύνδεση. Η διδασκαλία με αφηγηματικούς χάρτες θα μπορούσε να ενισχύσει τη χωρική σκέψη, η οποία αναμένεται να βοηθήσει πολύ το εργατικό δυναμικό του 21^{ου} αιώνα (Kerski, J.J. 2015).

Το Ερευνητικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Συστημάτων (Environmental Systems Research Institute – ESRI), μέσω της πλατφόρμας ArcGIS Online, έδωσε τη δυνατότητα στους χρήστες των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) να μπορούν να δημιουργούν και να δημοσιεύουν εύκολα story maps για διάφορους σκοπούς και για ένα ευρύ κοινό. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των story maps της ESRI είναι ότι είναι διαδραστικοί, συνεργατικοί και βασισμένοι στο cloud. Αυτό τους καθιστά διαθέσιμους μέσω σύνδεσης στο διαδίκτυο χωρίς την ανάγκη λήψης λογισμικού. Οι αφηγηματικοί χάρτες είναι προσβάσιμοι από παντού, δηλαδή από επιτραπέζιους υπολογιστές και φορητούς υπολογιστές μέχρι tablet ή έξυπνες συσκευές τηλεφώνου. Αυτό επιτρέπει στους αφηγηματικούς χάρτες να προσεγγίσουν ένα μεγάλο κοινό καθώς επίσης και να χρησιμοποιηθούν από πολλούς εκπαιδευτικούς και ιδρύματα. Η διαδικασία δημιουργίας ενός χάρτη είναι φιλική προς το χρήστη και δεν απαιτεί κωδικοποίηση. Οι χάρτες είναι τις περισσότερες φορές ελεύθερα προσβάσιμοι για το χρήστη. Τα μειονεκτήματα των story maps είναι ότι βασίζονται στην πρόσβαση στο διαδίκτυο και η διαδικασία επιστημονικής αξιολόγησης από ειδικούς δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί πλήρως ώστε να διασφαλίσει την εκπαιδευτική ποιότητα του περιεχομένου του αφηγηματικού χάρτη. Ο αφηγηματικός χάρτης σχεδιάστηκε με σκοπό να είναι όσο το δυνατόν πιο εύχρηστος και λειτουργικός. Το σκεπτικό γύρω από τον σχεδιασμό του ήταν να μεταδώσει αποτελεσματικά το μήνυμα στους χρήστες των ψηφιακών μέσων, προσφέροντας μια ελκυστική και επιμορφωτική ψηφιακή εμπειρία. Είναι προσβάσιμος χωρίς να χρειάζεται κάποιος να φτιάξει λογαριασμό στην πλατφόρμα εφόσον διαμοιράζεται δημόσια και οι χρήστες μπορούν να περιηγούνται με απλή κύλιση στην αφήγηση, να εστιάζουν και να περιστρέφουν τους τρισδιάστατους χάρτες και να μετακινούνται στα τμήματα της εφαρμογής επιλεκτικά (<https://storymaps-classic.arcgis.com/en/how-to/>).

Η ESRI (2017), περιγράφει πέντε αρχές για την αποτελεσματική χρήση των αφηγηματικών χαρτών. Η πρώτη αρχή αφορά στην αντιστοίχιση του περιεχομένου του χάρτη με το κοινό για το οποίο προορίζεται. Η δεύτερη αρχή προτείνει την ενημέρωση του χρήστη μέσα από το σκεπτικό της θέσης ή της τοποθεσίας στον χάρτη στην αρχή της παρουσίασης και την αποθήκευση συνδέσμων που θα οδηγούσαν το χρήστη να περιηγηθεί στο χάρτη μέχρι το τέλος της παρουσίασης. Η τρίτη αρχή απαιτεί την εξέταση της καλύτερης μορφής παρουσίασης (π.χ. ιστοσελίδα με κύλιση ή καρτέλες) για την αφηγούμενη ιστορία. Η τέταρτη αρχή προτείνει συμβουλές για να γίνουν οι διαδραστικοί χάρτες σαφείς, συνοπτικοί και οπτικά διαισθητικοί. Τέλος, η πέμπτη αρχή συμβουλεύει τους συγγραφείς των αφηγηματικών χαρτών να προσπαθήσουν να απλοποιήσουν τους χάρτες, μειώνοντας το κείμενο και κάνοντας τους χάρτες πιο

κατανοητούς μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας αναθεώρησης πριν από τη δημοσίευση (Cope M.P., et al., 2018).

Ανάμεσα στις διαθέσιμες διαδικτυακές εφαρμογές χαρτογράφησης ιστού, το story maps είναι η πιο εύκολη στη χρήση εφαρμογή, έχοντας ένα ευρύ φάσμα χαρτογραφικών επιλογών. Τα story maps (αφηγηματικοί χάρτες) επιτρέπουν στο χρήστη να δημιουργήσει χάρτες με γραφικά υψηλής ποιότητας. Έχοντας ένα πλαίσιο αφήγησης, ο χρήστης περιηγείται μέσω των story maps στην ιστορία του δημιουργού που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και γεωγραφικές πληροφορίες για την εκάστοτε περιοχή (Graves, 2015). Η εύκολη σχεδίαση που παρέχει η εφαρμογή, δίνει τη δυνατότητα σε άτομα που δεν έχουν ξανά ασχοληθεί με κάτι παρόμοιο να δημιουργήσουν δικούς τους αφηγηματικούς χάρτες. Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα των story maps της ESRI είναι το ενσωματωμένο λογισμικό τους, με βάση το οποίο δεν απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού. Στην πλατφόρμα ArcGIS Online, υπάρχουν διαθέσιμα πρότυπα εφαρμογών story maps με τη μορφή configurable apps, τα οποία μπορούν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν για τη δημιουργία διαφορετικών αφηγηματικών χαρτών, με διαφορετικούς τρόπους προβολής. Τα πρότυπα αυτά των χαρτών, παρέχουν διαφορετικές επιλογές στους χρήστες για τη διάταξη και τα δεδομένα που μπορούν να ενσωματώσουν στους χάρτες, ώστε να πουν τη δική τους ιστορία. Κάθε story map μπορεί να «φιλοξενηθεί» στην πλατφόρμα της ESRI, μπορούν όμως οι χρήστες να κατεβάσουν το εκάστοτε πρότυπο και να το προσαρμόσουν ανάλογα με τις προτιμήσεις τους και τους στόχους του έργου τους και στη συνέχεια να δημοσιεύσουν το story map στο διαδίκτυο μέσω ενός private server. Έτσι, σύμφωνα με τους Caquard και Dimitrovas (2017) τα story maps «προσφέρουν έναν ενδιαφέροντα συνδυασμό μεταξύ μιας χαρτογραφικής ιστορίας και της χαρτογραφικής ανάλυσης μιας ιστορίας».

Τον Ιούλιο του 2019, η ESRI παρουσίασε το ArcGIS StoryMaps (<https://storymaps.arcgis.com>), το οποίο είναι μια νέα εφαρμογή αφηγηματικών χαρτών. Μέχρι και εκείνη τη στιγμή, η πλατφόρμα που χρησιμοποιούταν ήταν το ESRI Story maps που διέθετε τα εξής πρότυπα:

- Cascade: ο αναγνώστης μπορεί να διαβάσει τον αφηγηματικό χάρτη με συνεχόμενη κύλιση, όπως σε μια ιστοσελίδα
- Journal: ο αναγνώστης μπορεί να διαβάσει τον αφηγηματικό χάρτη με συνεχόμενη κύλιση, έχοντας στα αριστερά το επεξηγηματικό κείμενο και στα δεξιά χάρτες ή πολυμεσικό περιεχόμενο.
- Series: ο αναγνώστης μπορεί να περιηγηθεί μέσα στον αφηγηματικό χάρτη μεταβαίνοντας από τη μία διαθέσιμη καρτέλα στην άλλη .
- Shortlist: ο αναγνώστης μπορεί να περιηγηθεί μέσα στον αφηγηματικό χάρτη είτε επιλέγοντας μια καρτέλα με ομαδοποιημένες θέσεις ενδιαφέροντος, είτε επιλέγοντας μια θέση στον χάρτη.

- Swipe και spyglass:: ο αναγνώστης μπορεί να περιηγηθεί μέσα στον αφηγηματικό χάρτη προκειμένου να συγκρίνει μεταξύ τους 2 χαρτών ή 2 εικόνες που αφορούν το ίδιο θέμα (π.χ.: οικολογική καταστροφή μιας περιοχής, πριν και μετά) ή να εστιάσει σε μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος.
- Tour: ο αναγνώστης μπορεί να περιηγηθεί μέσα στον αφηγηματικό χάρτη είτε επιλέγοντας τη θέση ενδιαφέροντος αυτή καθ' αυτή, είτε επιλέγοντας το αντίστοιχο σημείο στον χάρτη για να δει τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Με το ArcGIS StorMaps υπάρχει μια ευελιξία που δεν προσέφερε το ESRI Story maps. Το ArcGIS Story Maps συνδυάζει όλα τα πρότυπα αφήγησης που αναφέρθηκαν παραπάνω, χωρίς να υπάρχει περιορισμός στη διάταξη. Αντίθετα με το ESRI Story maps η διαδικασία δεν ήταν τόσο απλή (<https://storymaps.arcgis.com/stories/472a6ddd582b40b58a5a6af2c30a4573>).

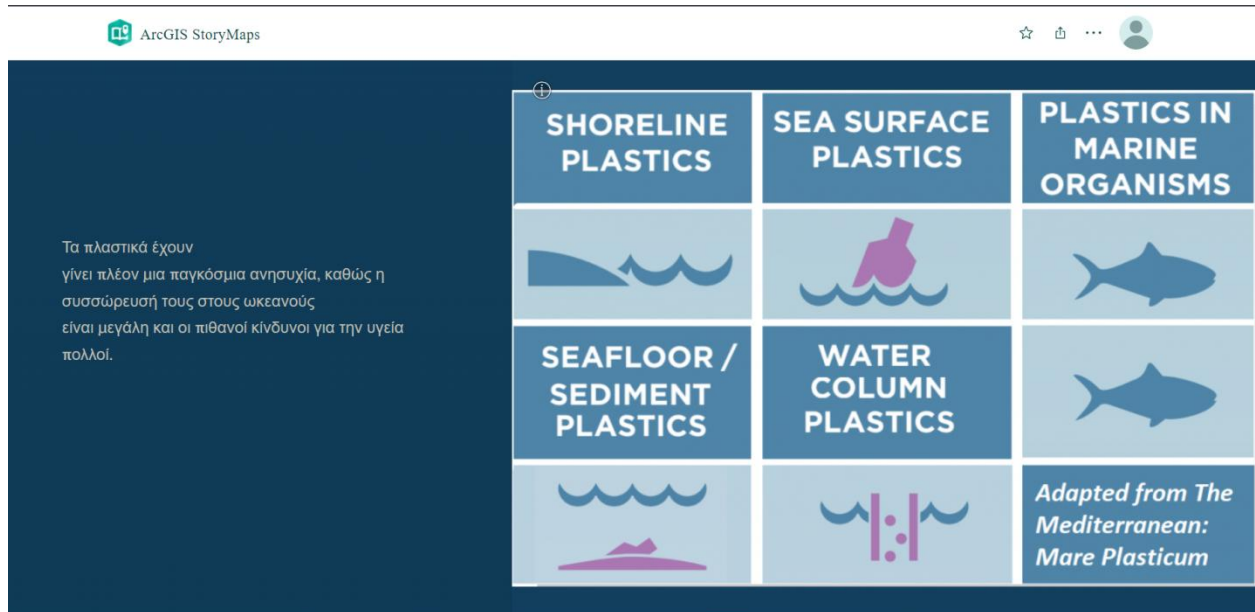
Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του ArcGIS Story Maps είναι η ευελιξία. Εφόσον υπάρχει ένα εργαλείο δημιουργίας αφηγηματικών χαρτών, μπορούν να υπάρξουν συνδυασμοί των προτύπων μεταξύ τους. Ο χρήστης δεν περιορίζεται σε μια διάταξη και μπορεί να γίνει δημιουργικός. Εκτός από αυτή την ευελιξία, το ArcGIS Story Maps έχει και άλλες δυνατότητες όπως η δημιουργία θεμάτων, η αυτόματη αποθήκευση, χρονοδιαγράμματα, αλλαγές των ιστοριών που ο χρήστης έχει δημοσιεύσει, προεπισκόπηση του πως θα φαίνεται ο αφηγηματικός χάρτης, 3D χάρτες, και άλλα πολλά. Ακόμη, υπάρχει και η δυνατότητα δημιουργίας χάρτη μέσα στο πρόγραμμα που λέγεται express map και παρέχει τη γρήγορη δημιουργία χαρτών (<https://storymaps.arcgis.com/stories/472a6ddd582b40b58a5a6af2c30a4573>).

4. Story Map για τη θαλάσσια ρύπανση

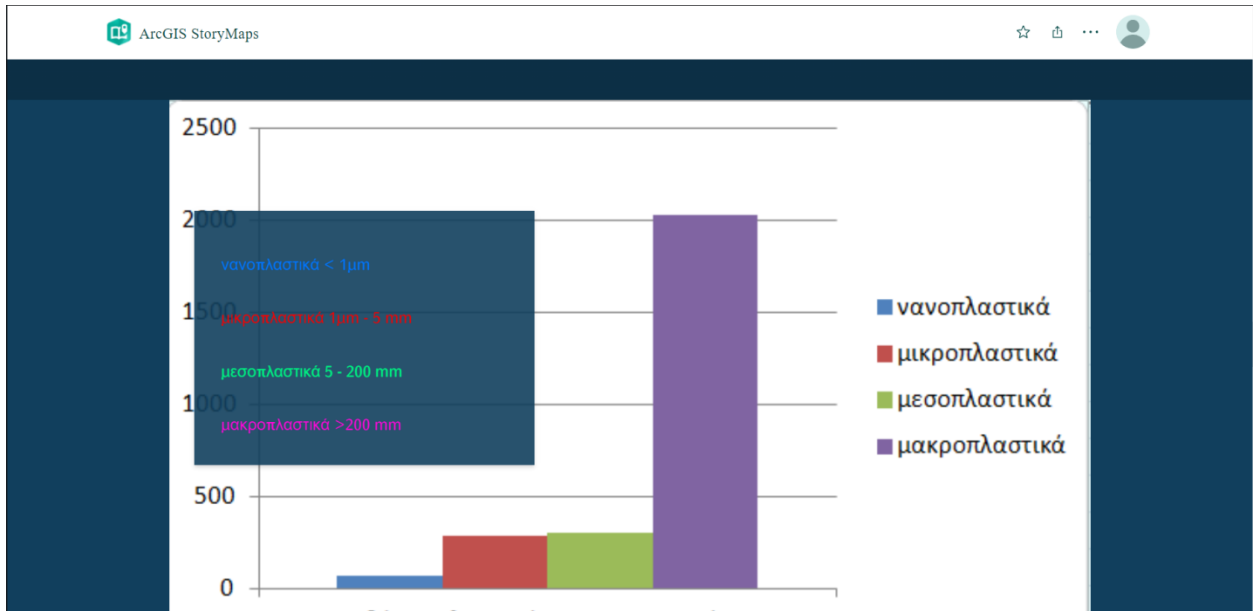
Με τη χρήση του ArcGIS Story Maps μας δίνεται η δυνατότητα να αφηγηθούμε ορισμένα γεγονότα με διαδραστικό τρόπο, χρησιμοποιώντας διάφορα πολυμέσα (όπως έχει αναφερθεί παραπάνω), ώστε να εμβαθύνουμε περισσότερο σε ορισμένα σημεία. Η δημιουργία αυτού του αφηγηματικού χάρτη, αποσκοπεί στην περαιτέρω γνώση και ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με τα προβλήματα που προκαλούν τα πλαστικά στους ωκεανούς και κατ' επέκταση στην πανίδα και στους ανθρώπους. Ο αφηγηματικός χάρτης σχεδιάστηκε έτσι ώστε να μεταδώσει το μήνυμα της ευαισθητοποίησης για τη θαλάσσια ρύπανση χρησιμοποιώντας ψηφιακά μέσα. Για τη δημιουργία του ψηφιακού, αφηγηματικού χάρτη ο οποίος συνδυάζει δεδομένα, πληροφορίες και πολυμέσα για μια ψηφιακή περιήγηση, επιλέχθηκε η εφαρμογή ArcGIS Story maps της πλατφόρμας ArcGIS Online της ESRI. Η εφαρμογή περιλαμβάνει έναν διαδραστικό χάρτη, βίντεο και φωτογραφίες. Για το κείμενο της αφήγησης που χρησιμοποιείται, έγινε βιβλιογραφική έρευνα.

5. Περιγραφή του story map που δημιουργήθηκε

Στο story map που δημιουργήθηκε, χρησιμοποιήθηκε sidecar και slideshow. Επίσης δημιουργήθηκε και χάρτης για να δείξει τα πλαστικά που παρήχθησαν το 2010. Με αυτές τις επιλογές γίνεται άμεσος και κατανοητός ο σκοπός της δημιουργίας αυτού του story map που είναι η ευαισθητοποίηση του κόσμου για τα πλαστικά και τη θαλάσσια ρύπανση.

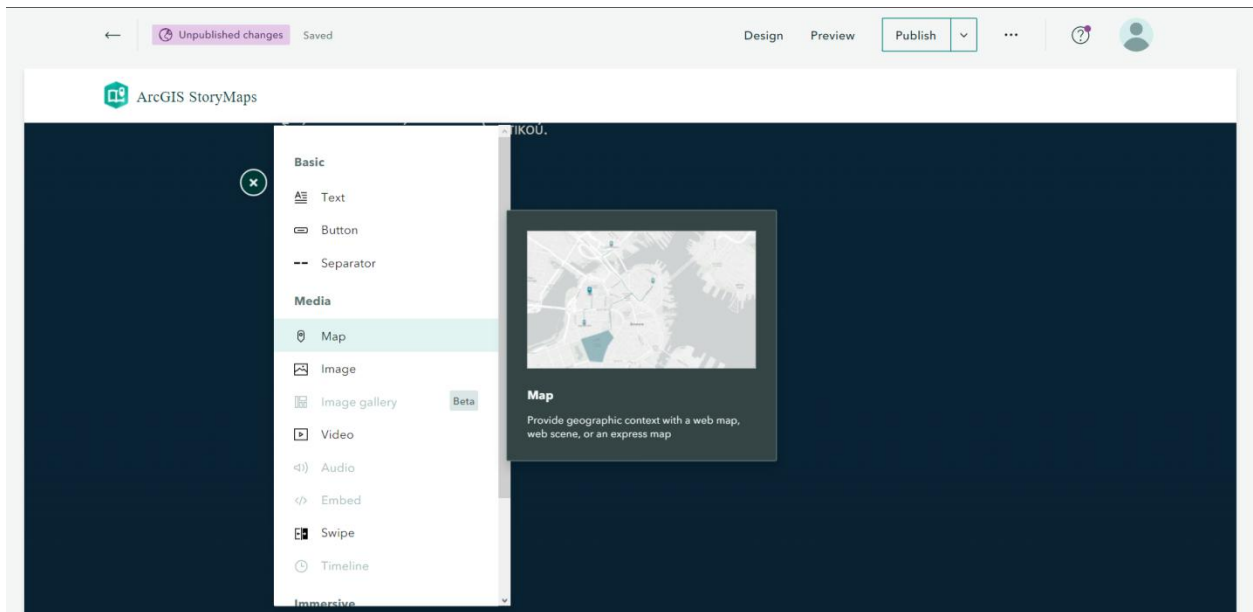


Εικ. 15: Στιγμιότυπο οθόνης sidecar με πλευρικό πλαίσιο αφήγησης.



Εικ. 16: Στιγμιότυπο οθόνης slideshow.

Για την εισαγωγή χάρτη, επιλέγεται χάρτης με την εξής διαδικασία: map -> start an express map. Στη συνέχεια γίνεται επιλογή του χάρτη της προτίμησης του κάθε δημιουργού, από το σύμβολο γρανάζι, όπως απεικονίζεται παρακάτω.



Εικ. 17: Δημιουργία χάρτη (1)

Add a map

+ New express map



My Maps My Favorites My Groups Living Atlas

Search

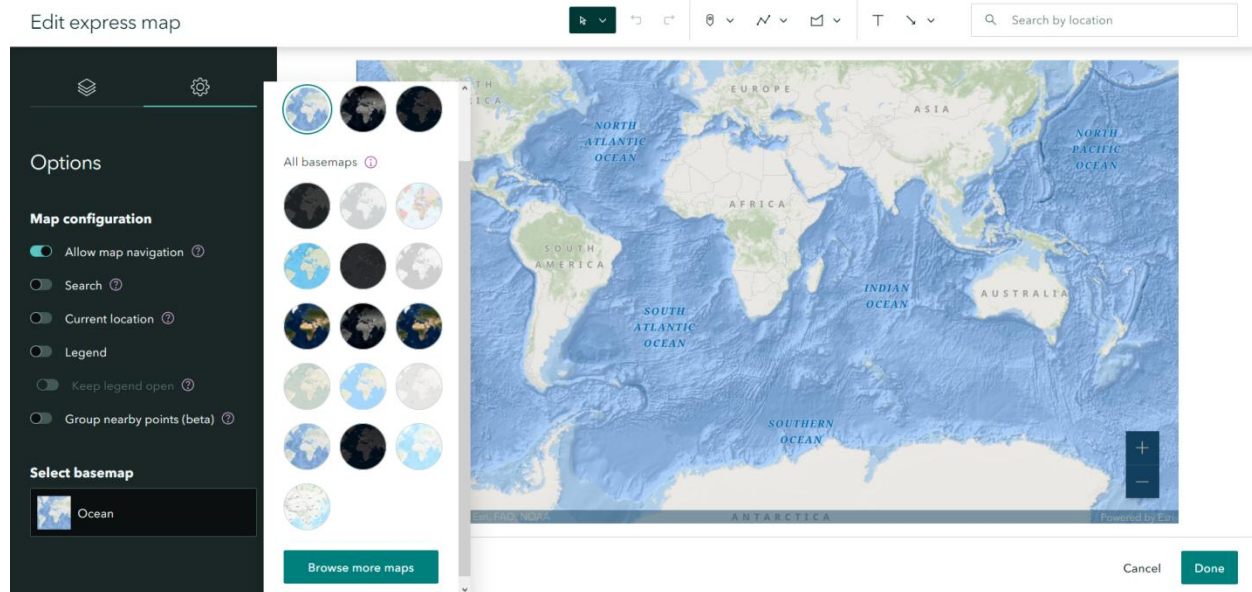


Create your first map

Add geographic context to your story with a simple map that's ready in minutes.

Start an express map

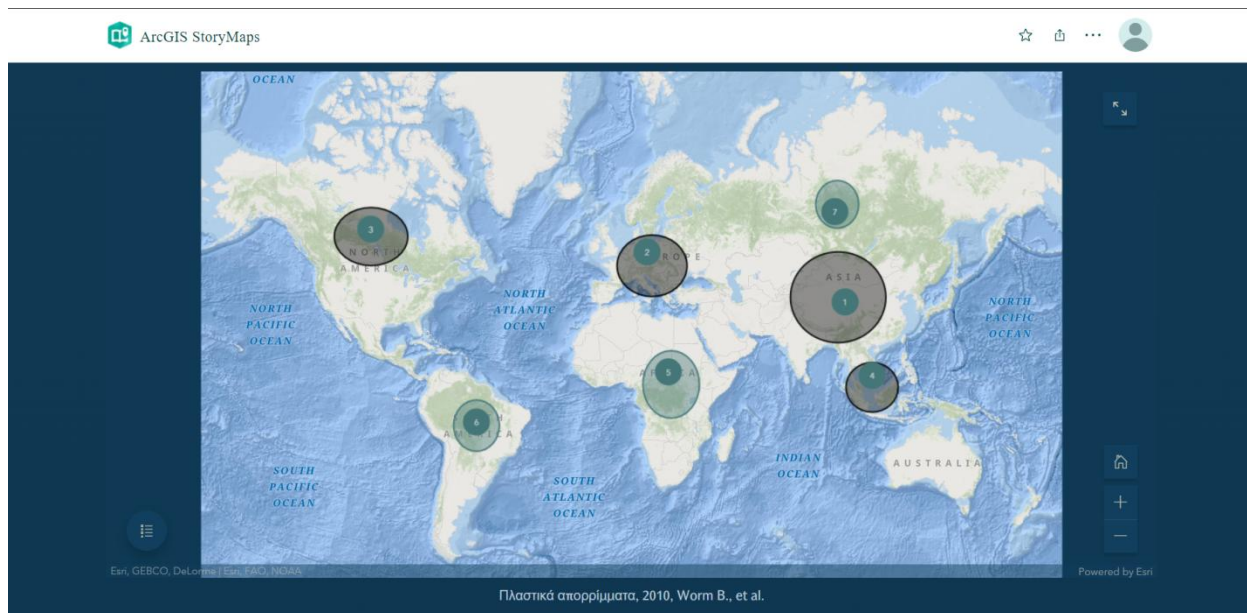
Εικ. 18: Δημιουργία χάρτη (2)



Εικ. 19: Επιλογή χάρτη προτίμησης

Οι χάρτες είναι διαδραστικοί και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πλοηγηθεί σε αυτούς με τα διάφορα διαθέσιμα εργαλεία που υπάρχουν.

Επίσης, μπορεί να προστεθεί περιεχόμενο είτε από το διαδίκτυο από σύνδεσμο (url) είτε με ενσωμάτωση (embed).



Εικ. 20: Στιγμιότυπο οθόνης χάρτη που φτιάχτηκε ακολουθώντας τα παραπάνω βήματα

Παρακάτω παραθέτω το story map που δημιούργησα, σε στιγμιότυπα.




Εικ. 21: Εξώφυλλο του story map

ArcGIS StoryMaps

☆ 🗨️ ... 👤

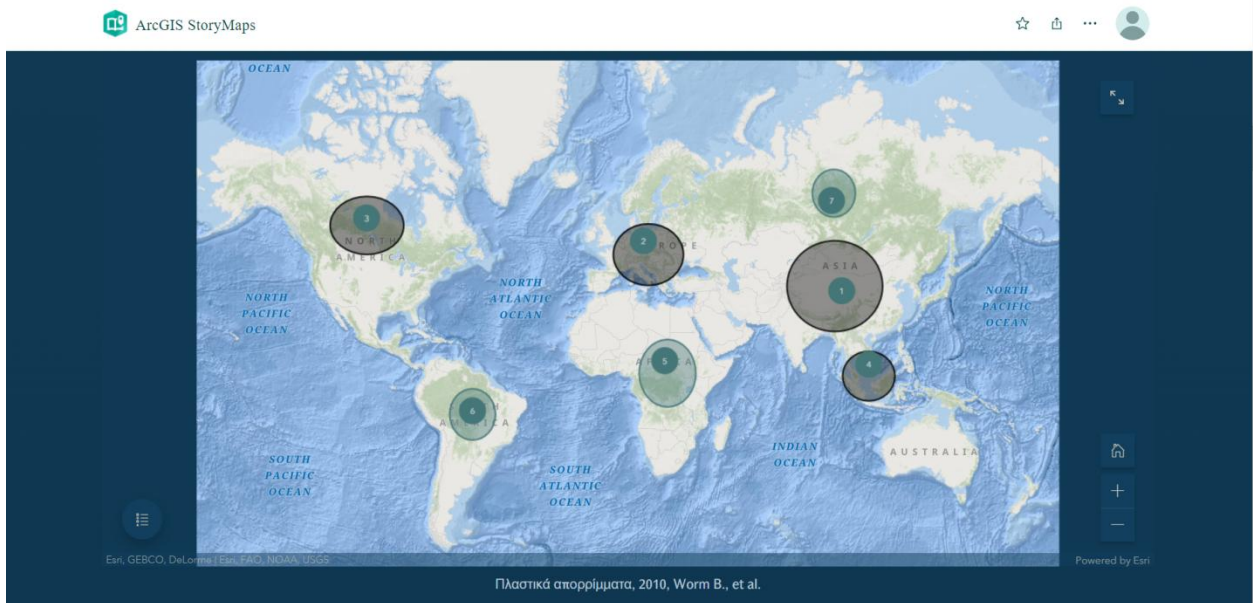
Το Πρόβλημα

Τα πλαστικά είναι συνθετικά οργανικά πολυμερή που μπορούν εύκολα να πάρουν διαφορετικά σχήματα και να διαμορφωθούν σε προϊόντα για μεγάλη ποικιλία χρήσεων.



Είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες ανθρωπογενείς ουσίες και βρίσκονται συνεχώς σε κάθε πτυχή της ζωής και καθημερινότητάς μας. Σε κάθε άτομο αναλογεί πλέον ένας μέσος όρος 52 κιλών πλαστικών απορριμμάτων κάθε χρόνο.

Εικ.22: Τι είναι τα πλαστικά

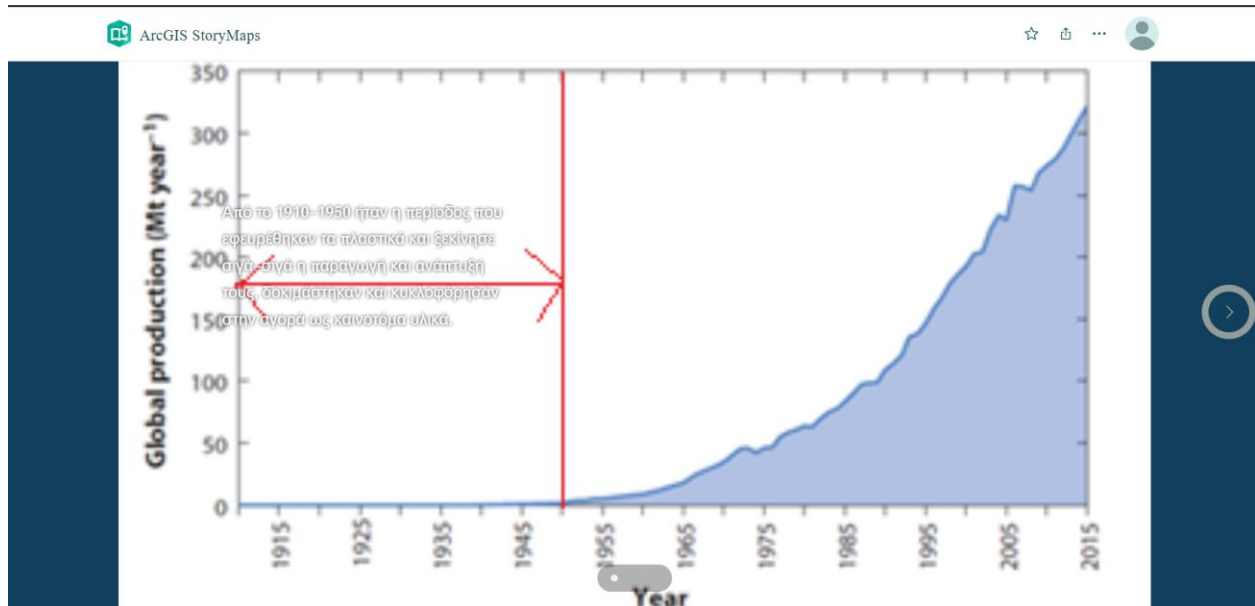


Εικ.23: Χάρτης που δείχνει την παραγωγή πλαστικών απορριμμάτων το 2010

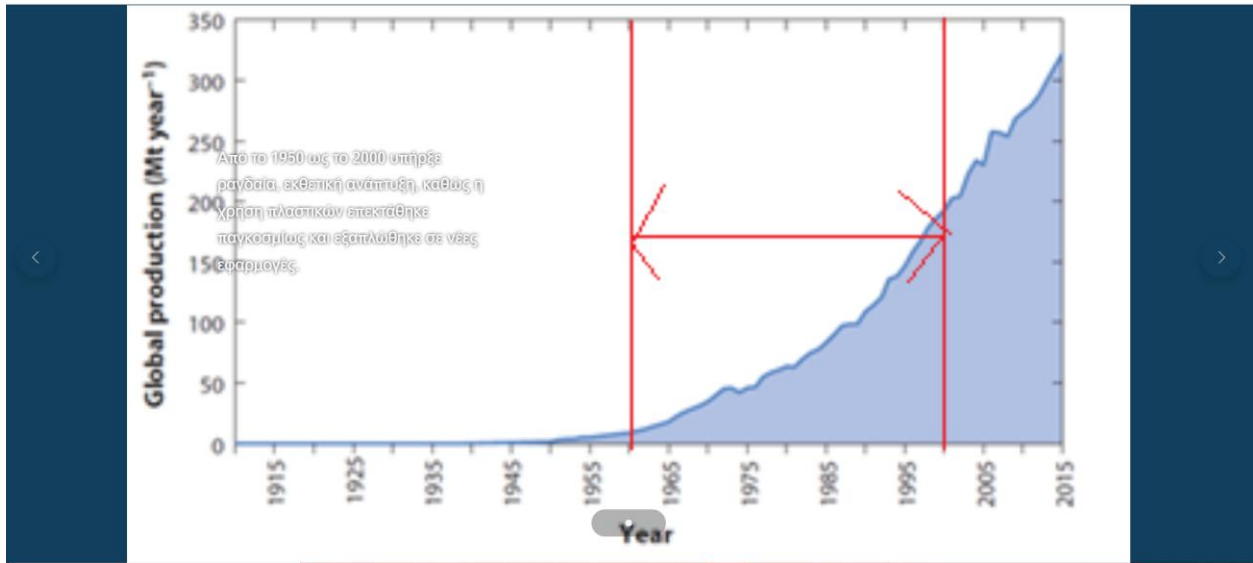
Στον παραπάνω χάρτη παρατηρούμε ότι η Κίνα το 2010 είχε τον πρωταγωνιστικό ρόλο στην παραγωγή πλαστικών απορριμμάτων, με ποσοστό περίπου 30%. Ακολουθούν η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική με 20%, η υπόλοιπη Ασία με 18%, η Αφρική με 7%, η Νότια Αμερική με 4% και η Ρωσία με ποσοστό παραγωγής πλαστικών 2%.

Τα πλαστικά είναι συνθετικά οργανικά πολυμερή που μπορούν εύκολα να πάρουν διαφορετικά σχήματα και να διαμορφωθούν σε προϊόντα για μεγάλη ποικιλία χρήσεων.

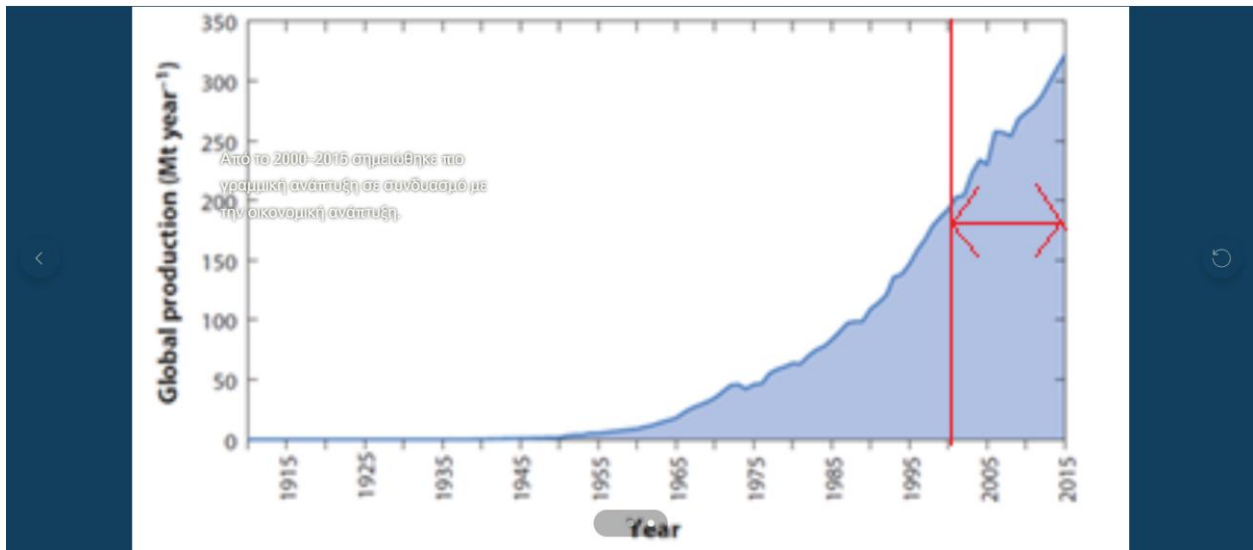
Εικ.24: Επεξήγηση του παραπάνω χάρτη



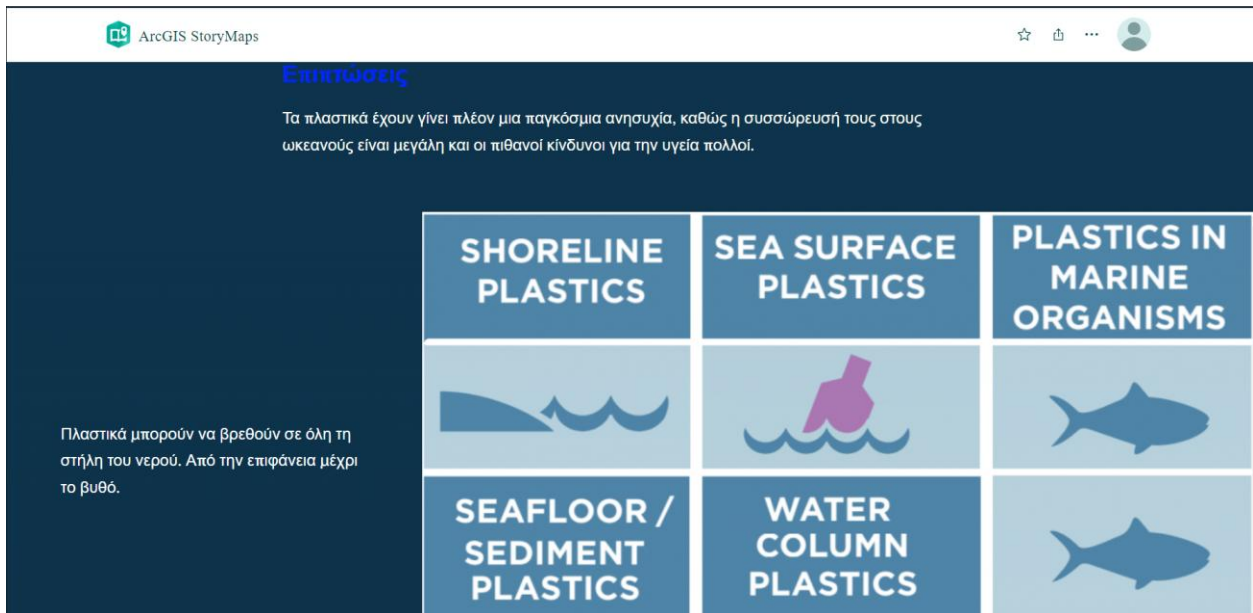
Εικ.25: Διάγραμμα παραγωγής πλαστικών



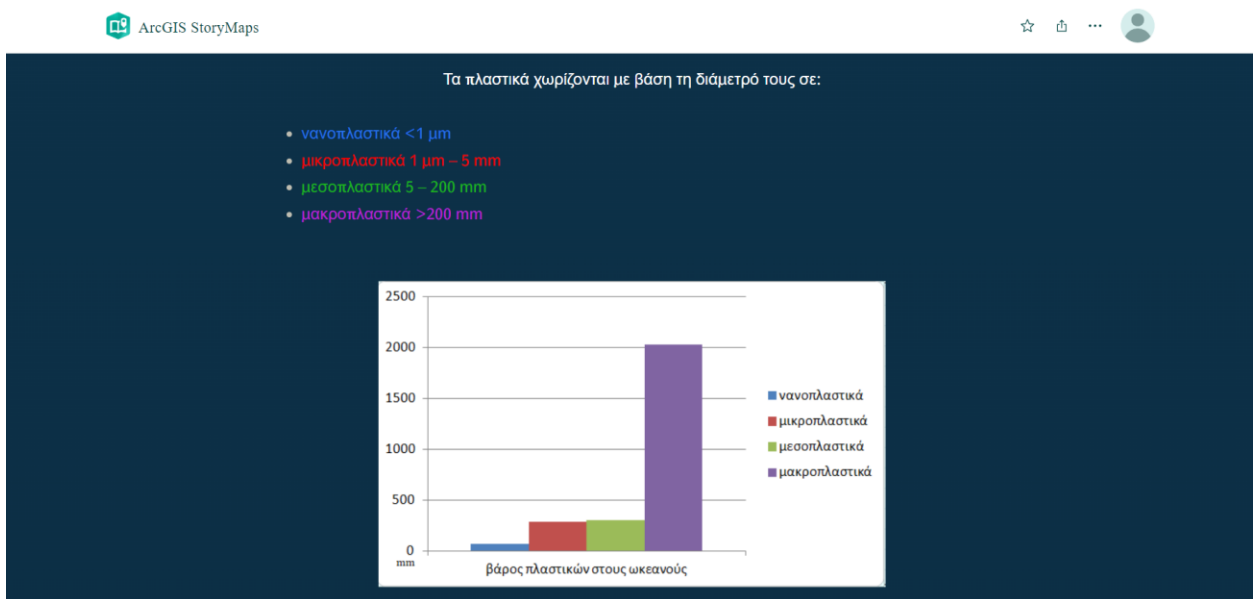
Εικ.26: Διάγραμμα παραγωγής πλαστικών



Εικ.27: Διάγραμμα παραγωγής πλαστικών



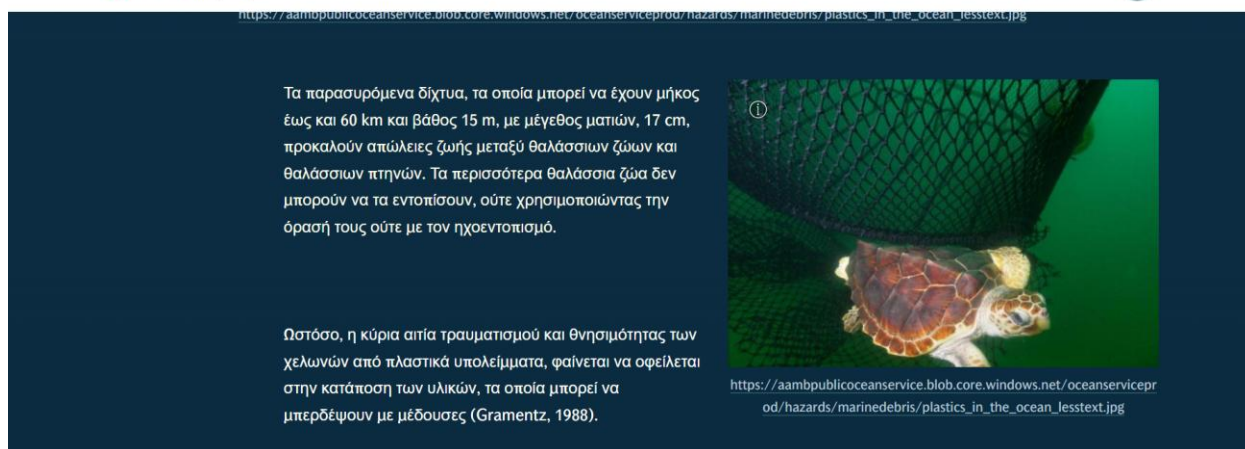
Εικ.28: Πλαστικά σε όλη τη στήλη του νερού



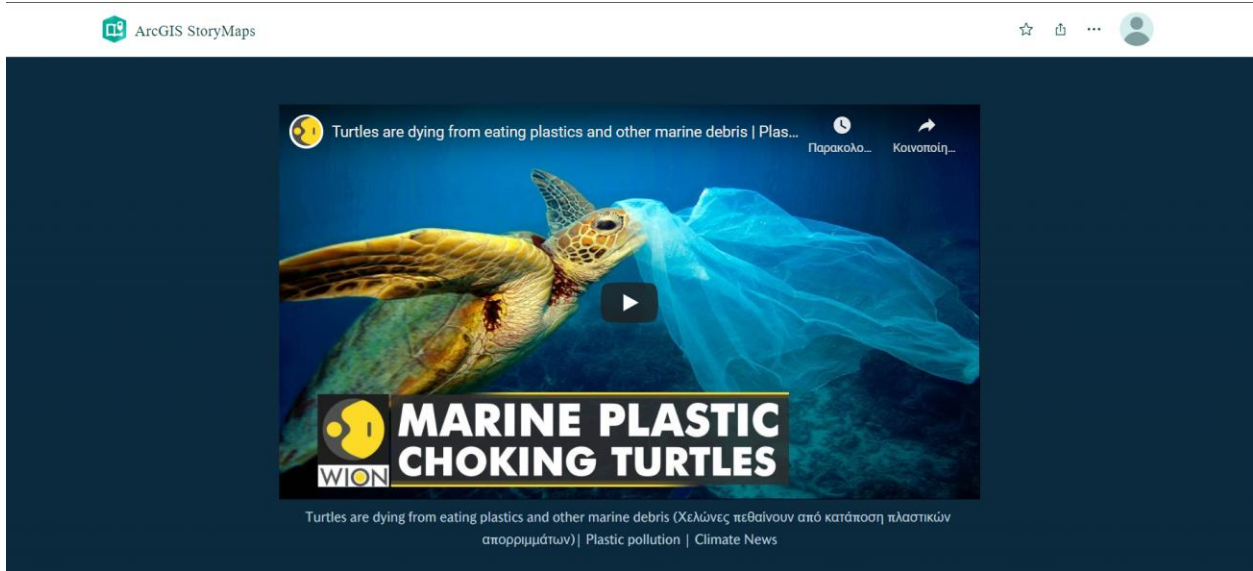
Εικ. 29: Διάγραμμα που δείχνει το διαχωρισμό των πλαστικών με βάση τη διάμετρό τους



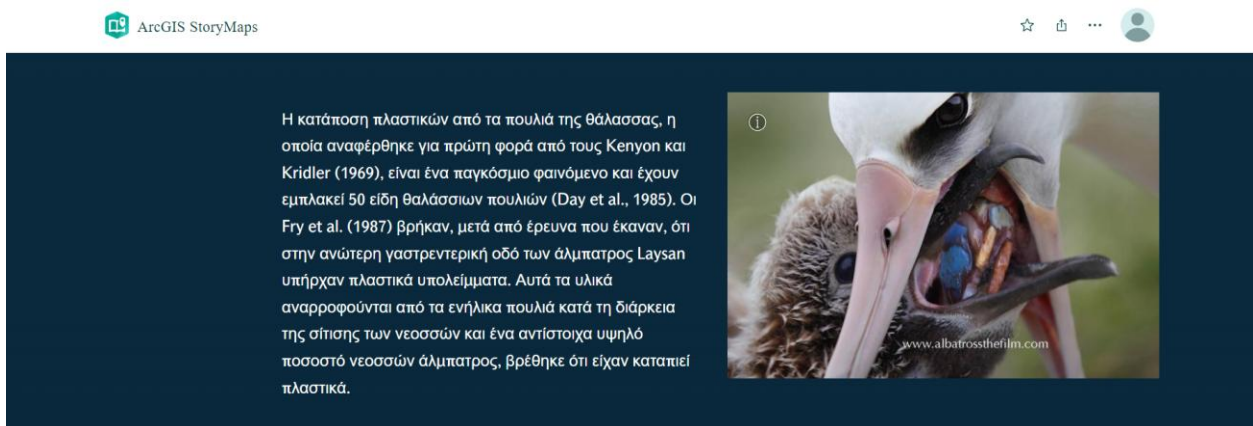
Εικ. 30: Πλαστικά στον ωκεανό



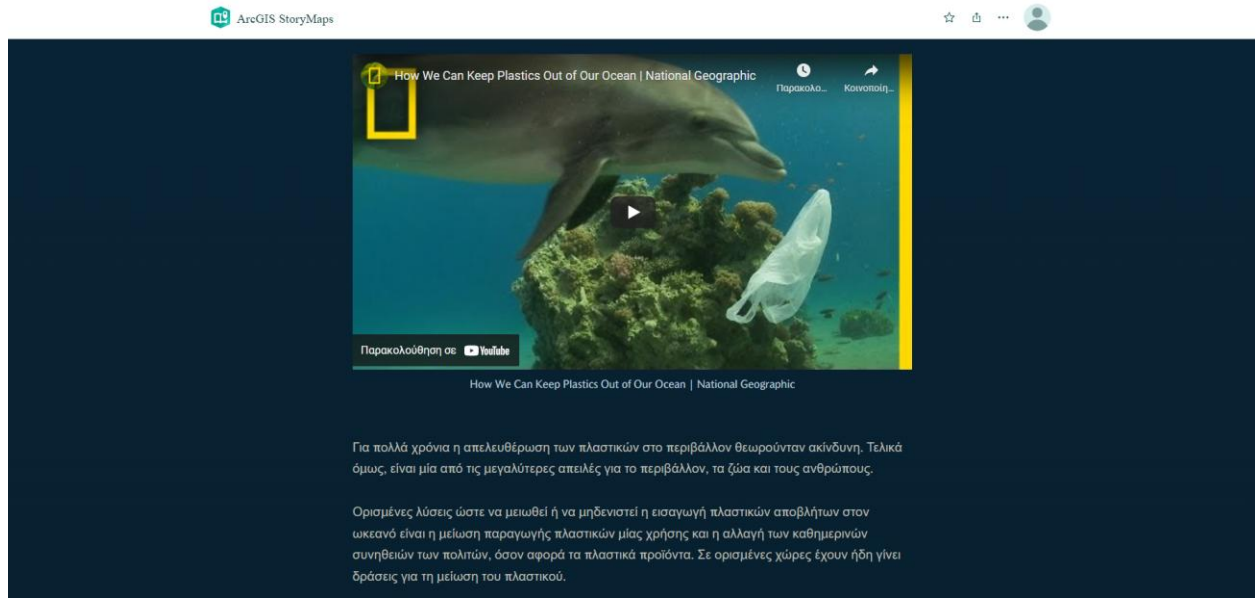
Εικ.31: Παρασυρόμενα δίχτυα και θαλάσσιες χελώνες



Εικ. 32: Βίντεο που δείχνει τις επιπτώσεις από την κατάποση πλαστικών



Εικ. 33: Θαλάσσια πτηνά και πλαστικά



Εικ. 34: Βίντεο που δείχνει πως μπορούμε να προστατέψουμε τους ωκεανούς από τα πλαστικά

Επίλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αξιοποιήθηκε η τεχνολογία των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών για την ανάδειξη της θαλάσσιας ρύπανσης με στόχο την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών. Το ArcGIS Story map έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε, μέσω των διαδραστικών χαρτών και των πολυμέσων, να μεταδίδει αποτελεσματικά το μήνυμα στο οποίο εστιάζει. Στη συγκεκριμένη εργασία, το μήνυμα είναι να γίνει κατανοητό το πώς καταλήγουν στη θάλασσα τα πλαστικά καθώς και το πώς αποσυντίθενται. Ακόμη, υπάρχει ανάγκη για επανεκπαίδευση, συνεχιζόμενη έρευνα και εκστρατείες ευαισθητοποίησης, ώστε το κάθε άτομο να αναλάβει την ευθύνη που του αναλογεί ώστε να μπορέσουμε να σώσουμε τον πλανήτη και να παραδώσουμε ένα καλύτερο αύριο στις επόμενες γενιές.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

“2013 resin review” (American Chemistry Council, Washington, DC, 2013).

“Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States: Facts and figures for 2010” [U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC, 2011]; www.epa.gov/solidwaste/nonhaz/municipal/pubs/msw_2010_rev_factsheet.pdf

“Plastics – the facts 2013” (Plastics Europe, Brussels, Belgium, 2013); www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2013.aspx?FolID=2.

“Probabilistic projections of total population: Median and confidence intervals,” (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York, 2012); http://esa.un.org/unpd/ppp/Data-Output/UN_PPP2010_output-data.htm.

A. Cózar et al., Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 111, 10239–10244 (2014).

A. Lechner et al., Environ. Pollut. 188, 177–181 (2014).

Ainley, D. G., Fraser, W. R. & Spear, L. B. The incidence of plastic in the diets of antarctic seabirds. In Proc. 2nd International Conference on Marine Debris, 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii. U.S. Department of Commerce. NOM Technical Memorandum. NMFS, NOAA-TM-NHFS-SWFSC-15 2–7 (1990).

Albertsson AC, Karlsson S. 1988. The three stages in degradation of polymers—polyethylene as a model substance. *J. Appl. Polym. Sci.* 35:1289–30

Albertsson A-C. 1980. The shape of the biodegradation curve for low and high density polyethenes in prolonged series of experiments. *Eur. Polym. J.* 16:623–30

Ally, M. 2008. Foundations of educational theory for online learning. In: T. Anderson, editor, The Theory and practice of online learning, 2nd edition. AU Press, Athabasca University, Edmonton, AB, Canada. p. 15-44.

American Chemistry Society (ACS). 1993. *The Bakelizer*. Washington, DC. ACS. <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/whatischemistry/landmarks/bakelite/thebakelizercom/memorative-booklet.pdf>

Anastas PT, Zimmerman JB. 2003. Design through the 12 principles of green engineering. *Environ. Sci. Technol.* 37: 94A–101A

Astrup TF, Tonini D, Turconi R, Boldrin A. 2015. Life cycle assessment of thermal Waste-to-Energy technologies: review and recommendations. *Waste Manag.* 37:104–1

Baekeland LH. 1909. The synthesis, constitution, and uses of Bakelite. *Ind. Eng. Chem.* 1:149–61

Bakir A, Rowland SJ, Thompson RC. 2014. Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environ. Pollut.* 185:16–23

- Balazs, G. (1985) Impact of ocean debris on marine turtles: entanglement and ingestion. In “*Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris*”, 27-29 November 1984, Honolulu, Hawaii. (R.S. Shimura and H.O. Yoshida. eds), pp. 378-429. US Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFS-54.
- Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Barlaz M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.* 364:1985–98
- Bejgarn S, MacLeod M, Bogdal C, Breitholtz M. 2015. Toxicity of leachate from weathering plastics: an exploratory screening study with *Nitocra spinipes*. *Chemosphere* 132:114–19
- Berendsen, M.E.; Hamerlinck, J.D.; Webster, G.R. Digital Story Mapping to Advance Educational Atlas Design and Enable Student Engagement. *ISPRS Int. J. Geoinf.* 2018, 7, 125. [[CrossRef](#)]
- Bergmann, M., Tekman, M. B. & Gutow, L. Sea change for plastic pollution. *Nature* 544, 297 (2017).
- Bombelli P, Howe CJ, Bertocchini F. 2017. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the waxmoth *Galleria mellonella*. *Curr. Biol.* 27:R292–93
- Canesi L, Ciacci C, Balbi T. 2015. Interactive effects of nanoparticles with other contaminants in aquatic organisms: Friend or foe? *Mar. Environ. Res.* 111:128–34
- Caquard, S., & Dimitrovass, S. (2017). Story Maps & Co. The state of the art of online narrative cartography. *M@Ppemonde*, 28, (1 –31).
- Carr. A. (1987) Impact of nondegradable marine debris on the ecology and survival outlook of sea turtles. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 352-356.
- Carson R. 1962. *Silent Spring*. Boston, MA: Houghton Mifflin Harcourt
- Cedervall, T., Hansson, L.-A., Lard, M., Frohm, B. & Linse, S. Food chain transport of nanoparticles affects behaviour and fat metabolism in fish. *PLoS ONE* 7, 1–6 (2012).
- Clare Ostle, Richard C. Thompson, Derek Broughton, Lance Gregory, Marianne Wootton & David G. Johns, The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *NATURE COMMUNICATIONS* | (2019) 10:1622 | <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1> | www.nature.com/naturecommunications
- Cole M, Galloway TS. 2015. Ingestion of nanoplastics and microplastics by Pacific oyster larvae. *Environ. Sci. Technol.* 49:14625–32
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Galloway TS. 2015. The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environ. Sci. Technol.* 49:1130–37
- Colton, J.B., Knapp, F.D., and Burns, B.R. (1974) Plastic particles in surface waters of the north western Atlantic. *Science*, 185: 491-497.
- Convention on Biological Diversity (CBD). 2016. *Marine debris: understanding, preventing and mitigating the significant adverse impacts on marine and coastal biodiversity*. CBD Tech. Ser. 83, Secr. CBD, Montreal, QC, Can. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf>

- Cózar, A., Echevarría, F., González-gordillo, J. I., Irigoien, X. & Úbeda, B. Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 17–19 (2014).
- Creating a Story Map Using Geographic Information Systems to Explore Geomorphology and History of Methana Peninsula. Varvara Antoniou, LEMONIA RAGIA, Paraskevi Nomikou, Pavlina Bardouli, Danai Lampridou, Theodora Ioannou, Ilias Kalisperakis and Christos Stentoumis. *International Journal of Geo-Information*. 2018.
- Cressey D. 2016. Bottles, bags, ropes and toothbrushes: the struggle to track ocean plastics. *Nature* 536:263–65
- D. Hoornweg, P. Bhada-Tata, “What a waste: A global review of solid waste management” (The World Bank, Washington, DC, 2012); <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- D. Hoornweg, P. Bhada-Tata, C. Kennedy, *Nature* 502, 615–617 (2013).
- D. K. A. Barnes, F. Galgani, R. C. Thompson, M. Barlaz, *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B* 364, 1985–1998 (2009).
- da Costa JP, Santos PSM, Duarte AC, Rocha-Santos T. 2016. (Nano)plastics in the environment—sources, fates and effects. *Sci. Total Environ.* 566–567:15–26
- Day, R.H. and Shaw, D.G. (1987) Patterns in the abundance of pelagic plastic and tar in the north Pacific Ocean, 1976-1985. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 311-316.
- Day, R.H. Wehle, D.H.S. and Coleman, F.C. (1985) Ingestion of plastic pollutants by marine birds. In, *Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris*, 26-29 November, 1984, Honolulu, Hawaii (R.S. Shimura and H.O. Yoshida, eds), pp. 334-386. US Dept. of Commerce, NOAA, Technical Memorandum NMFS-NOAA-TM-NMFS-SWFC-54
- Deanin RD. 1975. Additives in plastics. *Environ. Health Perspect.* 11:35
- Derraik JG. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44:842–52
- Duncan, E. M. et al. A global review of marine turtle entanglement in anthropogenic debris: a baseline for further action. *Endanger. Species Res.* 34, 431–448 (2017).
- Ellen MacArthur Foundation. 2017. *The New Plastics Economy: Catalysing Action*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/New-Plastics-Economy_Catalysing-Action_13-1-17.pdf
- Eriksen M, Lebreton LC, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, et al. 2014. Plastic pollution in the world’s oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLOS ONE* 9:e111913
- Eriksson C, Burton H. 2003. Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *AMBIO: A J. Hum. Environ.* 32:380–84
- Exploring cultural geography field course using story maps. Falguni Mukherjee. *JOURNAL OF GEOGRAPHY IN HIGHER EDUCATION*. 2019, VOL. 43, NO. 2, 201–223 <https://doi.org/10.1080/03098265.2019.1597031>

- Farrell P, Nelson K. 2013. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ. Pollut.* 177:1–3
- France, D., & Haigh, M. (2018). Fieldwork@40: Fieldwork in geography higher education. *Journal of Geography in Higher Education* (42), σσ. 498-514.
- Fry, D.M., Fefer, S.I. and Sileo, L. (1987) Ingestion of plastic debris by Laysan Albatrosses and Wedge-tailed Shearwaters in the Hawaiain Islands. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 339-343.
- Gago, J., Galgani, F., Maes, T. & Thompson, R. C. Microplastics in seawater: recommendations from the marine strategy framework directive implementation process. *Front. Mar. Sci.* 3, 1–7 (2016).
- Gall S, Thompson R. 2015. The impact of debris on marine life. *Mar. Pollut. Bull.* 92:170–79
- Galloway TS, Lewis CN. 2016. Marine microplastics spell big problems for future generations. *PNAS* 113:2331–33
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3(7):e1700782
- Goodchild, M. (2005). Geographic information systems. *Encyclopedia of Social Measurement*, 2, σσ. 107-113.
- Gramentz, D. (1988) Involvement of loggerhead turtles with plastic, metal, and hydrocarbon pollution in the central Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 19, 11-13.
- Graves, M. (2015). *Spatial Narratives of Struggle and Activism in the Del Amo and Montrose Superfund Cleanups: A Community-Engaged Web GIS Story Map* (Unpublished Master's Thesis). University of Southern California, Los Angeles, CA.
- Gregory, M.R. (1983) Virgin plastic granules on some beaches of eastern Canada and Bermuda. *Marine Environment Research*, 10: 73-83.
- H. S. Carson et al., *Mar. Environ. Res.* 84, 76–83 (2013).
- Hamlin HJ, Marciano K, Downs CA. 2015. Migration of nonylphenol from food-grade plastic is toxic to the coral reef fish species *Pseudochromis fridmani*. *Chemosphere* 139:223–28
- Hardesty B, Wilcox C. 2017. A risk framework for tackling marine debris. *Anal. Methods* 9:1429–36
- Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P. *What a waste: A Global Review of Solid Waste Management*. (The World Bank, Washington, DC, 2012).
- Horsman, P.V. (1985) Garbage kills. *BBC Wildlife*, August, 391-393.
- International Maritime Organization (IMO). 1988. *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL):AnnexV, Prevention of Pollution by Garbage from Ships*.London: IMO.<http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/garbage/Pages/Default.aspx>

International Maritime Organization, “International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL),annex V prevention of pollution by garbage from ships” (International Maritime Organization, London, 1988); www.imo.org/Environment/mainframe.asp?topic_id=297.

Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, et al. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347:768–71

Jambeck JR, Johnsen K. 2015. Marine debris tracker: citizen-based litter and marine debris data collection and mapping. *Comput. Sci. Eng.* 17:20–26

Jamieson AJ, Malkocs T, Piertney SB, Fujii T, Zhang Z. 2017. Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nat. Ecol. Evol.* 1:0051

Jarvis, C., Tate, N., Dickie, J., & Brown, G. (2015). Mobile Learning in a Human Geography Field Course. *Journal of Geography*, 2(115), σσ. 61-71.

Jenna R, Jambeck, Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegler, Miriam Perryman, Anthony Andradý, Ramani Narayan, Kara Lavender Law. Plastic waste inputs from land into the ocean. sciencemag.org SCIENCE. VOL 347 ISSUE 6223. 2015.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), ed. 2016. *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: Part Two of a Global Assessment*. London: Int. Mar. Org.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), ed. 2015. *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment*. London: Int. Mar. Org.

Kaiser J. 2010. The dirt on ocean garbage patches. *Science* 328:1506

Kawai F, Watanabe M, Shibata M, Yokoyama S, Sudate Y, Hayashi S. 2004. Comparative study on biodegradability of polyethylene wax by bacteria and fungi. *Polym. Degrad. Stab.* 86:105–14

Kenyon, K.W. and Kridler, E. (1969) Laysan Albatross swallow indigestible matter. *Auk*, 86: 339-343.

King, W.B. (1984) Accidental mortality of sea birds in gill-nets in the north Pacific. In, *Status and Conservation of the World's Sea birds* (J.P. Croxall, P.G.H. Evans and R.W. Schreiber, eds), pp. 709- 715. ICBP Technical Publication No.2.

Kerski, J.J. 2015. Geo-awareness, geo-enablement, geotechnologies, citizen science, and storytelling: Geography on the world stage. *Geogr. Compass* 9:14–26. doi:10.1111/ gec3.12193

Keshavarz T, Roy I. 2010. Polyhydroxyalkanoates: bioplastics with a green agenda. *Curr. Opin.Microbiol.* 13:321–26

Koch HM, Calafat AM. 2009. Human body burdens of chemicals used in plastic manufacture. *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.* 364:2063–78

Koelmans, A. A., Gouin, T., Thompson, R. C. & Wallace, N. Plastics in the marine environment. *Environ. Toxicol. Chem.* 33, 5–10 (2014).

- Kühn S, Rebolledo ELB, van Franeker JA. 2015. Deleterious effects of litter on marine life. See Ref. 109, pp. 75–116
- Laist, D.W. (1987) Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 319-326.
- Law K. L. et al., *Environ. Sci. Technol.* 48, 4732–4738 (2014).
- Law K. L. et al., *Science* 329, 1185–1188 (2010).
- Law, K. L. et al. Plastic accumulation in the North Atlantic Subtropical gyre. *Science* 329, 1185–1189 (2010).
- Law, K. L. Plastics in the marine environment. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 9, 205–232 (2017).
- Law, K. L., More, S. E., Goodwin, D. S. & Zettler, E. R. Distribution of Surface Plastic Debris in the Eastern Pacific Ocean from an 11-Year Data Set. *Environ. Sci. Technol.* 48, 4732–4738 (2014).
- Lee B, Pometto AL, Fratzke A, Bailey TB. 1991. Biodegradation of degradable plastic polyethylene by *Phanerochaete* and *Streptomyces* species. *Appl. Environ. Microbiol.* 57:678–85
- Lindhqvist T., K. Lidgren, in Ministry of the Environment, From the Cradle to the Grave - Six Studies of the Environmental Impact of Products (Ministry of the Environment, Stockholm, Sweden, 1990), pp. 7–44.
- Lithner D, Larsson Å, Dave G. 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Sci. Total Environ.* 409:3309–24
- Lönnstedt OM, Eklöv P. 2016. Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology. *Science* 352:1213–16
- Luís LG, Ferreira P, Fonte E, Oliveira M, Guilhermino L. 2015. Does the presence of microplastics influence the acute toxicity of chromium (VI) to early juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*)? A study with juveniles from two wild estuarine populations. *Aquatic Toxicol.* 164:163–74
- Lusher AL, Hernandez-Milian G, O'Brien J, Berrow S, O'Connor I, Officer R. 2015. Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: the True's beaked whale *Mesoplodon mirus*. *Environ. Pollut.* 199:185–91
- M. Braungart, *Nature* 494, 174–175 (2013).
- M. C. Goldstein, D. S. Goodwin, *PeerJ* 1, e184 (2013).
- M. Eriksen et al., *PLOS ONE* 9, e111913 (2014).
- M. P. Cope, E. A. Mikhailova, C. J. Post, M. A. Schlautman, and P. Carbajales-Dale, 2018. Developing and Evaluating an ESRI Story Map as an Educational Tool. Published in *Nat. Sci. Educ.* 47:180008 doi:10.4195/nse2018.04.0008
- Materials and methods are available as supplementary materials on Science Online.

- Mathalon A, Hill P. 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Mar. Pollut. Bull.* 81:69–79
- Mato Y, Isobe T, Takada H, Kanehiro H, Ohtake C, Kaminuma T. 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environ. Sci. Technol.* 35:318–24
- Miranda ML, Hale B. 1997. Waste not, want not: the private and social costs of waste-to-energy production. *Energy Policy* 25:587–600
- National Academy of Sciences (1975) Marine litter. In “*Assessing Potential Ocean Pollutants*” (Chapter 8), pp 405-438. A report of the Study Panel of Assessing Potential Ocean Pollutants to the Ocean Affairs Board, Commission on Natural Resources, National Research Council, Washington, D.C.
- National Research Council (U.S.) Study Panel on Assessing Potential Ocean Pollutants, *Assessing Potential Ocean Pollutants: A Report of the Study Panel on Assessing Potential Ocean Pollutants to the Ocean Affairs Board, Commission on Natural Resources, National Research Council (National Academy of Sciences, Washington, DC, 1975).*
- Niaounakis, M. *Management of Marine Plastic Debris* (William Andrew Publishing, 2017).
- Nobre C, Santana M, Maluf A, Cortez F, Cesar A, et al. 2015. Assessment of microplastic toxicity to embryonic development of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). *Mar. Pollut. Bull.* 92:99–104
- O’Brine T, Thompson RC. 2010. Degradation of plastic carrier bags in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 60:2279–83
- Ohtake Y, Kobayashi T, Asabe H, Murakami N. 1998. Studies on biodegradation of LDPE—observation of LDPE films scattered in agricultural fields or in garden soil. *Polym. Degrad. Stab.* 60:79–84
- Orhan Y, Büyüküngör H. 2000. Enhancement of biodegradability of disposable polyethylene in controlled biological soil. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 45:49–55
- Pahl S, Wyles K. 2017. The human dimension: how social and behavioural research methods can help address microplastics in the environment. *Anal. Methods* 9:1404–11
- Plastics Europe. 2016. *Plastics—The Facts 2016. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data.* Brussels, Belg.: Plast. Eur. http://www.plasticseurope.org/documents/document/20161014113313-plastics_the_facts_2016_final_version.pdf
- Plot V, Georges J-Y. 2010. Plastic debris in a nesting Leatherback Turtle in French Guiana. *Chelonian Conserv. Biol.* 9:267–70
- Quayle D. V., *Plastics in the Marine Environment: Problems and Solutions, Chemistry and Ecology*, 6:1-4, 69-78, DOI: 10.1080/02757549208035263, 1992.
- R. C. Thompson, C. J. Moore, F. S. vom Saal, S. H. Swan, *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B* 364, 2153–2166 (2009).
- R. E. Marshall, K. Farahbakhsh, *Waste Manag.* 33, 988–1003 (2013).

R. W. Obbard et al., *Earth's Future* 2, 315–320 (2014).

Robinson, A. Geovisual Analytics. In *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge* (3rd Quarter 2017 Edition); Wilson, J.P., Ed.; University Consortium for Geographic Information Science: Ithaca, NY, USA, 2017.

Rochman CM, Browne MA, Halpern BS, Hentschel BT, Hoh E, et al. 2013. Classify plastic waste as hazardous. *Nature* 494:169–71

Rochman CM, Hoh E, Kurobe T, Teh SJ. 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Sci. Rep.* 3:3263

Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R, et al. 2015. Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Sci. Rep.* 5:14340

Rochman CM. 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. See Ref. 109, pp. 117–40

Rochman CM. 2016. The role of plastic debris as another source of hazardous chemicals in lower-trophic level organisms. In *The Handbook of Environmental Chemistry*, ed. D Barceló, AG Kostianoy, pp. 1–15. New York: Springer

Rochman et al. The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology* 97, 302–312 (2016).

Ryan PG, Moore CJ, Franeker JA, Moloney CL. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B* 364:1526

Ryan, P. G. & Moloney, C. L. Marine litter keeps increasing. *Nature* 361, 23 (1993).

Savoca MS, Wohlfeil ME, Ebeler SE, Nevitt GA. 2016. Marine plastic debris emits a keystone info chemical for olfactory foraging seabirds. *Sci. Adv.* 2:e1600395

Schuyler Q, Hardesty BD, Wilcox C, Townsend K. 2014. Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conserv. Biol.* 28:129–39

Schuyler Q, Townsend K, Wilcox C, Hardesty BD, Marshall J. 2014. Mistaken identity? Visual similarities of marine debris to natural prey items of sea turtles. *BMC Ecol.* <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/14/14>

Schuyler, Q., Hardesty, B. D., Wilcox, C. & Townsend, K. Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conserv. Biol.* 28, 129–139 (2013).

Shah AA, Hasan F, Hameed A, Ahmed S. 2008. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnol. Adv.* 26:246–65

Shanks AL, Trent JD. 1980. Marine snow: sinking rates and potential role in vertical flux. *Deep Sea Res. Part A* 27:137–43

Shomura, R. S. & Yoshida, H. O. Proceedings of the workshop on the fate and impact of marine debris. NOAA Technical Memorandum NMFS (1985).

- Sussarellu R, Suquet M, Thomas Y, Lambert C, Fabioux C, et al. 2016. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *PNAS* 113:2430–35
- Sutton T., Dassau O., Sutton M., 2009. A Gentle Introduction to GIS Brought to you with Quantum GIS, a Free and Open Source Software GIS Application for everyone. sponsored by: Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape, South Africa. in partnership with: Spatial Information Management Unit, Office of the Premier, Eastern Cape, South Africa.
- Thevenon F, Carroll C, Sousa J, eds. 2014. *Plastic Debris in the Ocean: The Characterization of Marine Plastics and Their Environmental Impacts, Situation Analysis Report*. Gland, Switz.: Int. Union Conserv. Nat.
- Thompson RC, Olsen Y, Mitchell RP, Davis A, Rowland SJ, et al. 2004. Lost at sea: Where is all the plastic? *Science* 304:838
- Thompson, R. C. et al. New directions in plastic debris. *Science* 310, 1117 (2005).
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Saal, F. S. & Swan, S. H. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc. B* 364, 2153–2166 (2009).
- Tomlinson, R., Milson, A., Demirci, A., & Kerski, J. (2012). International perspectives on teaching and learning with GIS in secondary schools (Springer εκδ.).
- UNESCO and others (1990) Joint study by the Oceanographic Commission of UNESCO, the Food and Agriculture Organisation of the UN, and UNEP. *Cited in Marine Pollution Bulletin*, 21: 12.
- United Nations (UN) Newscentre. 2017. UN declares war on ocean plastic. *UN Environment*, Febr. 23. <http://web.unep.org/newscentre/un-declares-war-ocean-plastic>
- United Nations Environ. Progr. 2001. *The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*. Châtelaine, Switz.: Secr. Stockh. Conv. <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/> Text of the Convention/tabid/2232/Default.aspx
- United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Rome, Italy: FAO
- Van Ho, Q.; Lundblad, P.; Astrom, T.; Jern, M. A web-enabled visualization toolkit for geovisual analytics. *Inf. Vis.* 2012, 11, 22–42. [[CrossRef](#)]
- Van Sebille E, Wilcox C, Lebreton L, Maximenko N, Hardesty BD, et al. 2015. A global inventory of small floating plastic debris. *Environ. Res. Lett.* 10:124006
- Vauk, G.J.M. and Schrey,E. (1987) Litter pollution from ships in the German Bight. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 316-319.
- Waters CN, Zalasiewicz J, Summerhayes C, Barnosky AD, Poirier C, et al. 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* 351:137

Watts AJ, Urbina MA, Corr S, Lewis C, Galloway TS. 2015. Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environ. Sci. Technol.* 49:14597–604

Webb, J., & Stafford, R. (2013). Location-Based Mobile Phone Applications for Increasing Student Engagement with Field-Based Extra-Curricular Activities. *Planet* 27, 1, σσ. 29-34.

Wilcox C, van Sebille E, Hardesty BD. 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive and increasing. *PNAS* 38:11899–904

Wilson DC, ed. 2015. *Global Waste Management Outlook*. Nairobi, Kenya: Intl. Solid Waste Assoc., UN Environ. Progr. <http://www.unep.org/ourplanet/september-2015/unep-publications/globalwaste-management-outlook>

Woodall LC, Sanchez-Vidal A, Canals M, Paterson GL, Coppock R, et al. 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. *R. Soc. Open Sci.* 1:140317

Woodford Cris (2017), Water pollution: an introduction, <https://www.explainthatstuff.com/waterpollution.html>

World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation. 2016. *The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics*. Geneva, Switz.: World Econ. Forum. http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf

Worm B. 2015. Silent spring in the ocean. *PNAS* 112:11752–53

Worm B., Heike K. Lotze, Isabelle Jubinville, Chris Wilcox, and Jenna Jambeck. *Annual Review of Environment and Resources* Plastic as a Persistent Marine Pollutant 42:1–26, 2017.

Wright Dawn J., 2013. The ocean GIS initiative ESRI'S commitment to understanding our oceans.

Wright SL, Rowe D, Reid MJ, Thomas KV, Galloway TS. 2015. Bioaccumulation and biological effects of cigarette litter in marine worms. *Sci. Rep.* 5:14119

Wright, S. L. & Kelly, F. J. Plastic and human health: a micro issue? *Environ. Sci. Technol.* 51, 6634–6647 (2017).

Zettler ER, Mincer TJ, Amaral-Zettler LA. 2013. Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic marine debris. *Environ. Sci. Technol.* 47:7137–46

Zettler ER, Takada H, Monteleone B, Mallos N, Eriksen M, Amaral-Zettler LA. 2017. Incorporating citizen science to study plastics in the environment. *Anal. Methods* 9:1392–1403

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ευελπίδου Ν., Αντωνίου Β., (2015). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα.

Κουτσόπουλος, Κ. (2002). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση του Χώρου. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Νικολακόπουλος, Κ. (2015). Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Τηλεπισκόπησης στην Εφαρμοσμένη Γεωλογία. Ανάκτηση 28 Νοέμ.,2020, από <https://eclass.upatras.gr/courses/GEO307/>

Παυλόπουλος Κ., Γαλάνη Α., Γεωλογία – Γεωγραφία, Α' Γυμνασίου. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος»

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<https://storymaps-classic.arcgis.com/en/how-to/>

Story: Bringing Spatial Data to Life with Story Mapping. Available online: <https://oceansolutions.stanford.edu/news-stories/bringing-spatial-data-life-story-mapping> (accessed on 12 July 2018).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

History, Introduction, and Kinetics of Ion Exchange Materials Sanjeev Kumar and Sapna Jain, 2013. Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry Volume 2013, Article ID 957647, 13 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/957647>

Microplastic occurrence and effects in commercially harvested North American finfish and shellfish: Current knowledge and future directions. Britta R. Baechler, Cheyenne D. Stienbarger, Dorothy A. Horn, Jincy Joseph, Alison R. Taylor, Elise F. Granek, Susanne M. Brander. Limnology and Oceanography Letters 2019. Published by Wiley Periodicals, Inc. on behalf of Association for the Sciences of Limnology and Oceanography. doi: 10.1002/lol2.10122

Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea Marcus Eriksen, Laurent C. M. Lebreton, Henry S. Carson, Martin Thiel, Charles J. Moore, Jose C. Borerro, Francois Galgani, Peter G. Ryan, Julia Reisser. 2014. PLoS ONE 9(12): e111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913

https://www.iucn.org/sites/dev/files/styles/graphics/public/marine_plastic_pollution_graph-1.png?itok=UBcRzmNW

<https://aambpublicoceanservice.blob.core.windows.net/oceanserviceprod/hazards/marinedebris/debris-net.jpg>

https://aambpublicoceanservice.blob.core.windows.net/oceanserviceprod/hazards/marinedebris/plastics_in_the_ocean_lesstext.jpg

<https://www.acap.aq/latest-news/3482-the-laysan-albatrosses-of-midway-atoll-creating-artworks-from-plastic-pollution>

<https://www.plasticpollutioncoalition.org/blog/2015/9/19/how-much-trash-is-really-at-your-beach>

<https://www.downtoearth.org.in/news/young/how-plastic-appeared-in-our-lives-70118>