



A.T.E.I. ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος



Υπεύθυνος Καθηγητής: Μαραβελλάκης Μανώλης

Φοιτητής: Σιμιτζής Βασίλειος

Έτος: 9^ο

Τίτλος Εργασίας:

«Παραγωγή πλαστικών πρώτων υλών από παραγόμενα απόβλητων»

Χανιά, 2020

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	3
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	4
1.1. Πλαστικά απόβλητα	4
1.1.1.Κατηγορίες πλαστικών αποβλήτων	4
1.1.2.Τα πλαστικά απόβλητα στην Ευρώπη	5
1.1.3.Τα πλαστικά απόβλητα στην Ελλάδα.....	9
1.2. Η κυκλική οικονομία των πλαστικών	13
1.2.1. Το ευρωπαϊκό πλαίσιο για την κυκλική οικονομία και τα πλαστικά απόβλητα.....	14
1.2.1.1. Ο χάρτης πορείας για μια αποδοτική, από πλευράς πόρων, Ευρώπη	15
1.2.1.2. Πρόγραμμα μηδενικών αποβλήτων για την Ευρώπη	16
1.2.1.3. Οδηγία για τη μείωση της κατανάλωσης λεπτής σακούλας μεταφοράς .	16
1.2.1.4. Σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία.....	17
1.2.1.5. Ευρωπαϊκή στρατηγική για τις πλαστικές ύλες σε μια κυκλική οικονομία	18
1.2.1.6. Αναθεωρημένη οδηγία για τα απόβλητα.....	19
1.2.1.7. Οδηγία για την μείωση του αντίκτυπου συγκεκριμένων πλαστικών προϊόντων στο περιβάλλον	21
1.3. Το Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο για την κυκλική οικονομία και τα πλαστικά	21
1.4. Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων.....	21
1.5. Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων.....	23
Κεφάλαιο 2 ^ο : Πρότυπο 14040 και διαδικασίες ανακύκλωσης	25
2.1. Πρότυπο ISO 14040: 2006.....	25
2.2. Μεθοδολογία LCA (Ανάλυση Κύκλου Ζωής).....	26
2.2.1. Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής	28

2.2.2. Τα μειονεκτήματα από την εφαρμογή της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής	29
2.3. Στάδια της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής.....	29
2.3.1. Ανάλυση των σταδίων της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής.....	30
2.3.2. Κριτική ανασκόπηση.....	34
2.4. Διαδικασίες ανακύκλωσης	35
2.4.1. Πρωτογενής ανακύκλωση	36
2.4.2. Δευτερογενής ανακύκλωση.....	37
2.4.3. Τριτογενής ανακύκλωση	37
2.4.4. Τεταρτογενής ανακύκλωση.....	38
2.5. Βιοαποικοδόμηση πλαστικών αποβλήτων	39
Κεφάλαιο 3 ^ο : Παραδείγματα εφαρμογών	41
3.1. Μετατροπή πλαστικών αποβλήτων σε πετρέλαιο και άλλα καύσιμα.....	41
3.2. Ανακύκλωση πλαστικών αποβλήτων για την δημιουργία νανοσωλήνων άνθρακα	42
3.3. Βιοπλαστικά και 3D εκτύπωση.....	45
Συμπέρασμα.....	49
Βιβλιογραφία	50
Ξενόγλωσση	50
Ελληνόγλωσση.....	52
Δικτυογραφία.....	54

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο ΑΤΕΙ Χανίων στο τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος και πραγματεύεται την παραγωγή των πλαστικών πρώτων υλών από παραγόμενα απόβλητα. Προκειμένου να καλυφθεί το θέμα όσο το δυνατόν ολιστικότερα, το παρόν πόνημα διαρθρώνεται ως εξής: Το πρώτο κεφάλαιο είναι εισαγωγικό και αναφέρεται στο τί είναι τα παραγόμενα απόβλητα και στην κυκλική οικονομία των πλαστικών. Το δεύτερο κεφάλαιο τιτλοφορείται ως «Πρότυπο 14040 και διαδικασίες ανακύκλωσης» και απαρτίζεται από τις ακόλουθες υποενότητες: Πρότυπο ISO 14040:2006, μεθοδολογία Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής, τα στάδια της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής, τις διαδικασίες ανακύκλωσης και την βιοαποικοδόμηση των πλαστικών αποβλήτων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται δύο παραδείγματα παραγωγής πλαστικών πρώτων υλών από παραγόμενα απόβλητα (καυσίμων και νανοσωλήνων άνθρακα). Στο τέλος, καταγράφονται τα συμπεράσματα και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1. Πλαστικά απόβλητα

1.1.1.Κατηγορίες πλαστικών αποβλήτων

Το πλαστικό χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον στις ως υλικό συσκευασίας και στη βιβλιογραφία συναντώνται ως «ελαφρά υλικά συσκευασίας». Τα πρώτα χρόνια η διαλογή των πλαστικών αποβλήτων γινόταν με χειροδιαλογή και αργότερα, με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας πραγματοποιείται με τη χρήση μαγνητικών διαχωριστικών έλξης. Η μέθοδος της χειροδιαλογής στις ημέρες μας επιστρατεύεται για τον διαχωρισμό κατά είδος συσκευασίας και όχι για το εκάστοτε υλικό. Το πλαστικό ως υλικό αναπτύχθηκε στις αρχές του προηγούμενου αιώνα και συνιστά μια μεγάλη κατηγορία που αναπτύχθηκε με γοργούς ρυθμούς ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία. Στην Κίνα ανά χρόνο η παραγωγή αυξάνεται κατά 10 % και το 2008 η παραγωγή έφτασε τους 254 τόνους. Η αυξημένη παραγωγή των πλαστικών είναι άμεσα συνυφασμένη και με την παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων (Wang, et. al., 2012).

Τα τελευταία πενήντα χρόνια αυξάνεται ολοένα και περισσότερο ο ρόλος και η σημασία που έχουν τα πλαστικά στην οικονομία. Ειδικότερα, η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών είναι είκοσι φορές μεγαλύτερη από αυτή του 1960. Το 2015 ανήλθε σε 322 εκατομμύρια τόνους και ο αριθμός αυτός προβλέπεται να διπλασιαστεί στα επόμενα είκοσι χρόνια. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στον τομέα των πλαστικών απασχολούνται 1,5 εκατομμύριο εργαζόμενοι και το 2015 πραγματοποίησε κύκλο εργασιών 340 δισεκατομμυρίων ευρώ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Το πιο γνωστό είδος πλαστικού είναι το πολυαιθυλένιο και ακολουθούν το πολυπροπένιο και το τερεφθαλικό πολυαιθένιο. Τα πλαστικά απόβλητα διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες (Kathalewar et al., 2013):

- **Τερεφθαλικό πολυαιθένιο:** Χρησιμοποιείται στις φιάλες του νερού και των αναψυκτικών. Τα τελευταία χρόνια τείνει να αντικαταστήσει τις συσκευασίες που κατασκευάζονται από PVC.
- **Πολυαιθυλένιο:** Το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας χρησιμοποιείται για την κατασκευή σάκων και φιαλών. Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας χρησιμοποιείται για την παραγωγή φιαλών για λάδι, τυρί και νερό.

- **Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας:** Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας χρησιμοποιείται για την κατασκευή σακούλων και για τα φιλμ που χρησιμοποιούνται για την περιτύλιξη παλετών και άλλων προϊόντων.
- **Διάφορες πλαστικές συσκευασίες, όπως το πολυπροπυλένιο και το πολυστυρόλιο:** Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή σκληρών καπακιών για τις συσκευασίες αναψυκτικών και καφέ. Χρησιμοποιείται και για τα δοχεία των γαλακτοκομικών προϊόντων, μαργαρίνης, παγωτών, σιροπιών κ.λπ.

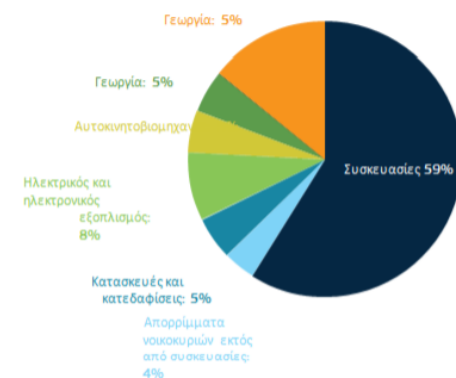
ΖΗΤΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΤΟ 2015

49 εκατ. τόνοι



EE-28, Νορβηγία και Ελβετία - Πηγή: Plastics Europe (2016)

ΕΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΕ (2015)



Πηγή: Eunomia (2017)

Εικόνα 1: Ζήτηση πλαστικών στην Ευρώπη το 2015

Εικόνα2: Παραγωγή πλαστικών αποβλήτων στην ΕΕ το 2015

Τα πλαστικά απόβλητα έχουν αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον, λόγω του ότι όταν τα απορρίπτουμε ως απόβλητα δεν διασπώνται και παραμένουν στην αρχική τους μορφή για αρκετά χρόνια. Η καταλληλότερη λύση είναι να ανακυκλωθούν τα πλαστικά απόβλητα, εφόσον προηγηθεί ο διαχωρισμός λόγω των διαφορετικών ειδών πλαστικών αποβλήτων που υπάρχουν. Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται με διαφορετικούς τρόπους, όπως είναι η οπτική διαλογή, η εκλογή του ανέμου, ο διαχωρισμός της βαρύτητας και ο ηλεκτροστατικός διαχωρισμός (Kathalewar et al., 2013).

1.1.2. Τα πλαστικά απόβλητα στην Ευρώπη

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο αριθμός των πλαστικών αποβλήτων που δεν αξιοποιούνται είναι εξαιρετικά μεγάλος (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018). «Τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των πλαστικών στο τέλος του κύκλου ζωής τους είναι πολύ χαμηλά, ιδίως σε σύγκριση με άλλα υλικά, όπως χαρτί, γυαλί ή μέταλλα.»

(Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018: 3). Στην Ευρώπη κάθε χρόνο παράγονται περίπου 25,8 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών αποβλήτων και λιγότερο από το 30 % των εν λόγω αποβλήτων οδηγούνται για ανακύκλωση. Ένα μέρος αυτού του 30 % μεταφέρεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, προκειμένου να υποβληθεί σε επεξεργασία σε τρίτα κράτη, στις οποίες συνήθως εφαρμόζονται ποικίλα περιβαλλοντικά πρότυπα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Συνάμα, ο αριθμός των πλαστικών αποβλήτων που οδηγούνται στην υγειονομική ταφή ή αποτεφρώνονται είναι εξίσου υψηλός (31 % και 39 % αντίστοιχα). Την τελευταία δεκαετία η υγειονομική ταφή των πλαστικών αποβλήτων έχει μειωθεί, ενώ η αποτέφρωση των πλαστικών αποβλήτων έχει αυξηθεί. Λαμβάνοντας υπόψη διάφορες εκτιμήσεις υπολογίζεται ότι η οικονομία χάνει το 95 % της αξίας των πλαστικών αποβλήτων κάθε χρόνο. Αυτό το 95 % μεταφράζεται σε 70 με 105 δισεκατομμύρια ευρώ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).



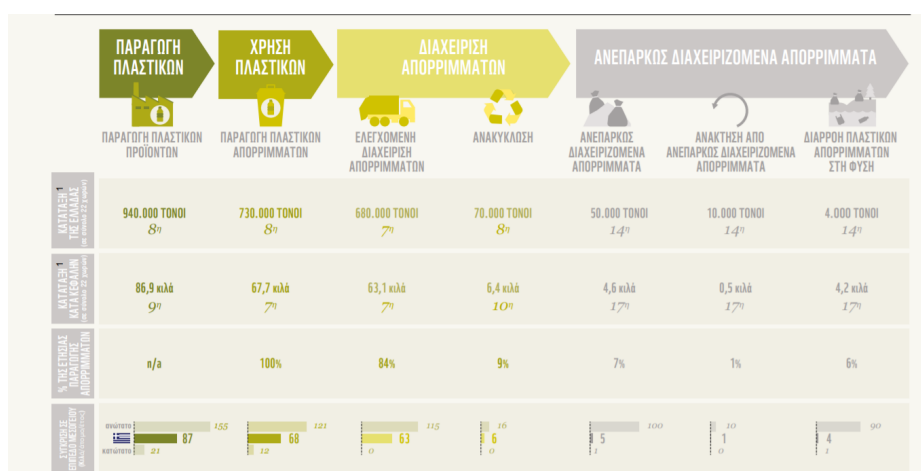
Εικόνα 3: Τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης πλαστικών ως προς το διοξείδιο του άνθρακα

Η παραγωγή πλαστικών υλών και η αποτέφρωση των πλαστικών αποβλήτων είναι υπεύθυνα για την πρόκληση 400 εκατομμυρίων τόνων διοξειδίου του άνθρακα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018). «Εκτιμάται ότι η παραγωγή πλαστικών υλών και η αποτέφρωση πλαστικών αποβλήτων προκαλούν παγκοσμίως την έκλυση περίπου 400 εκατ. τόνων CO₂ κάθε χρόνο». Με τη χρήση ανακυκλωμένων πλαστικών μπορεί να μειωθεί η εξάρτηση από την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή πλαστικών υλών και να μειωθούν οι εκπομπές CO₂. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η δυνητική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που θα μπορούσε να επιτευχθεί από την ανακύκλωση όλων των

πλαστικών αποβλήτων παγκοσμίως ισοδυναμεί με 3,5 δισ. βαρέλια πετρελαίου ετησίως.» (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018: 4). Τα τελευταία χρόνια η ανακύκλωση των πλαστικών έχει υποστεί τις συνέπειες των χαμηλών τιμών των απαραίτητων προϊόντων και της αβεβαιότητας αναφορικά με τις δυνατότητες της εμπορικής διάθεσης. Οι επενδύσεις έχουν περιοριστεί σημαντικά στον κλάδο της ανακύκλωσης του πλαστικού εξαιτίας της χαμηλής κερδοφορίας του εν λόγω κλάδου (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Τα τελευταία έτη έχουν αναπτυχθεί εναλλακτικά είδη πλαστικών πρώτων υλών, όπως είναι τα βιοπλαστικά και τα πλαστικά που παράγονται από διοξείδιο του άνθρακα ή μεθάνιο, αλλά προσφέρουν όμοιες λειτουργικές δυνατότητες με τα παραδοσιακά πλαστικά και έχουν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά προς το παρόν αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μικρό μερίδιο της υπάρχουσας αγοράς. Όσο αυξάνεται η χρήση εναλλακτικών επιλογών, τόσο μειώνεται η εξάρτηση των ανθρώπων από τα ορυκτά καύσιμα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Υπέρογκες είναι οι ποσότητες των πλαστικών αποβλήτων που διαρρέουν στο περιβάλλον, με συνέπεια να προκαλούνται πολλές οικονομικές και περιβαλλοντικές ζημιές. Έχει υπολογιστεί ότι κάθε χρόνο πέντε με δεκατρείς εκατομμύρια τόνοι πλαστικών υλών καταλήγουν στις θάλασσες και εκτιμάται ότι τα πλαστικά απόβλητα ισούνται με το 80 % των θαλάσσιων απορριμμάτων. Έπειτα, τα πλαστικά απόβλητα μεταφέρονται από τα θαλάσσια ρεύματα είτε σε μακρινές αποστάσεις, είτε οδηγούνται στις ακτές είτε αποδομούνται μετατρέπόμενα σε μικροπλαστικά είτε δημιουργούν εκτάσεις γεμάτες με πυκνά θαλάσσια απορρίμματα που είναι εγκλωβισμένα σε κυκλικά συστήματα ρευμάτων των ωκεανών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).



Εικόνα 4: Αποτύπωμα του κύκλου ζωής των πλαστικών

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση 150.000 – 500.000 τόνοι πλαστικών αποβλήτων οδηγούνται κάθε χρόνο στις θάλασσες. Παρόλα αυτά ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει ένα μικρό ποσοστό του αριθμού των πλαστικών αποβλήτων που καταλήγουν στη θάλασσα. Τα πλαστικά απόβλητα συνήθως καταλήγουν σε ιδιαίτερα ευαίσθητες θαλάσσιες περιοχές, όπως είναι η Μεσόγειος Θάλασσα και ορισμένα τμήματα του Αρκτικού Ωκεανού. Σύμφωνα με ορισμένες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, τα πλαστικά απόβλητα που συγκεντρώνονται στη Μεσόγειο σε πυκνότητα είναι πολύ περισσότερα από αυτά που συσσωρεύονται στους ωκεανούς. Η ρύπανση από πλαστικά απόβλητα συναντάται κυρίως στη Καραϊβική Θάλασσα, στον Ινδικό ωκεανό, στον Ατλαντικό ωκεανό και στον Ειρηνικό ωκεανό. Πέρα από τις αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον, η θαλάσσια μόλυνση ευθύνεται για οικονομικές ζημιές σε δραστηριότητες όπως είναι ο τουρισμός, η αλιεία και οι θαλάσσιες μεταφορές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Συνεχίζοντας, το «[...] φαινόμενο αυτό επιτείνεται από την αυξανόμενη ποσότητα των πλαστικών αποβλήτων που παράγονται κάθε χρόνο, και τροφοδοτείται επίσης από την αυξανόμενη κατανάλωση πλαστικών «μιας χρήσης», δηλαδή συσκευασιών ή άλλων καταναλωτικών προϊόντων τα οποία απορρίπτονται έπειτα από σύντομη χρήση, ανακυκλώνονται σπάνια και καταλήγουν συχνά ως απόβλητα. Πρόκειται, μεταξύ άλλων, για τις μικρές συσκευασίες, σακούλες, φλιτζάνια μιας χρήσης, καπάκια, καλαμάκια και μαχαιροπίρουνα, προϊόντα που παράγονται πολύ συχνά από πλαστικό λόγω της ελαφρότητας, του χαμηλού κόστους και των πρακτικών χαρακτηριστικών του.» (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018: 5 - 6).



Εικόνα 5: 500.000 τόνοι πλαστικών στους ωκεανούς ισούνται με 66.000 απορριματοφόρα

Τα μικροπλαστικά που μαζεύονται στις θάλασσες και είναι κάτω των 5mm είναι πολύ εύκολο να προσληφθούν από τη θαλάσσια πανίδα και χλωρίδα. Επιπροσθέτως, μπορούν να εισέλθουν και στη τροφική αλυσίδα. Πρόσφατες μελέτες που δημοσιεύτηκαν εντόπισαν μικροπλαστικά στον αέρα, στο πόσιμο νερό και σε διάφορα τρόφιμα. Οι επιπτώσεις που έχουν τα μικροπλαστικά στην ανθρώπινη υγεία παραμένουν άγνωστες ακόμα. Για να μιλήσουμε με αριθμούς, εκτιμάται ότι 75.000 με 300.000 τόνους μικροπλαστικών απελευθερώνονται στο περιβάλλον κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το μεγαλύτερο μέρος των μικροπλαστικών προκύπτει από την διάσπαση πιο μεγάλων κομματιών πλαστικών αποβλήτων, όμως μεγάλες ποσότητες εισέρχονται στο περιβάλλον πολύ γρήγορα, με συνέπεια να δυσχεραίνεται το εγχείρημα της παρακολούθησης και της παρεμπόδισής τους (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

1.1.3. Τα πλαστικά απόβλητα στην Ελλάδα

Η διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων

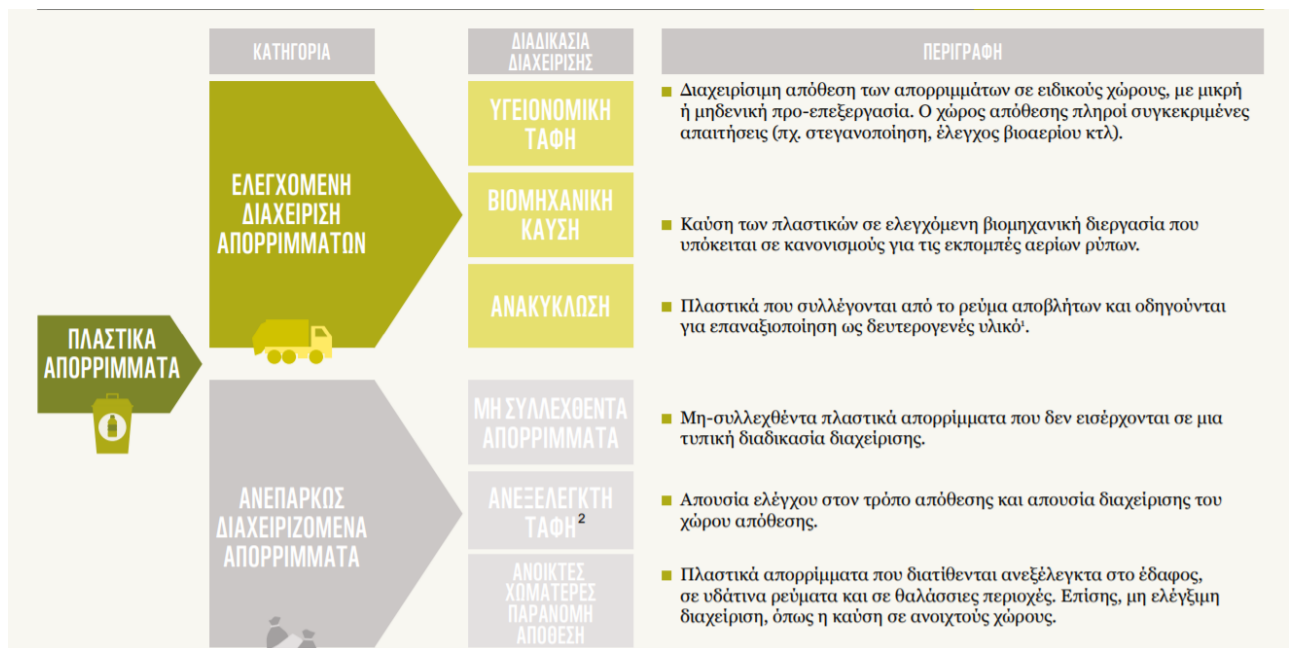
Στην Ελλάδα η διαχείριση των πλαστικών αποβλήτων γίνεται από τους δήμους, οι οποίοι έχουν την ευθύνη για την συλλογή των απορριμμάτων που συσσωρεύονται στους κάδους ανακύκλωσης. Το 2017, στην Ελλάδα παρήχθησαν περίπου 73.000 τόνοι πλαστικών αποβλήτων, εξ' αυτών οι 190.000 τόνοι ήταν πλαστικά απόβλητα από συσκευασίες διάφορων προϊόντων. Το 26 % αυτών συλλέγονται μέσω του συστήματος των μπλε κάδων. Αφού ολοκληρωθεί η συλλογή τους, τα απορρίμματα μεταφέρονται στις ειδικές εγκαταστάσεις διαλογής και ανάκτησης υλικών. Ωστόσο, εξαιτίας της ελλιπούς ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης στους μπλε κάδους οι πολίτες δεν απορρίπτουν μόνο ανακυκλώσιμα απορρίμματα, με συνέπεια να είναι εξαιρετικά δύσκολη η διαχείρισή τους. Το 84 % του συνόλου των απορριμμάτων οδηγείται σε χώρους υγειονομικής ταφής, οι οποίοι συνιστούν το κυρίαρχο σύστημα διαχείρισης των αποβλήτων στην ελληνική επικράτεια (Κοντίνη & Πληθάρας, 2019).

Στην Ελλάδα, υπάρχουν 75 ενεργοί ΧΥΤΑ, αλλά το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι δεν πληρούν τις αναγκαίες προδιαγραφές λειτουργίας, με αποτέλεσμα τα ελαφριά πλαστικά απόβλητα, όπως είναι οι πλαστικές σακούλες, να παρασύρονται από τον άνεμο και να μολύνουν το ευρύτερο περιβάλλον. Οι ελληνικές αρχές βλέποντας την ισχύουσα κατάσταση έχουν θέσει τον στόχο να μειωθεί η υγειονομική ταφή των στερεών αποβλήτων μέχρι το 2020 στο 26 %, εστιάζοντας σε άλλες μεθόδους διαχείρισης των απορριμμάτων. Όμως, το 7 % των απορριμμάτων συνεχίζει να μη

συλλέγεται, διότι υπάρχει μεγάλη έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής σε ορισμένες περιοχές και δήμους. Το 2011, το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο υπολόγισε ότι στην Ελλάδα υπήρχαν 63 ανοιχτές χωματερές που λειτουργούσαν κανονικά και έδωσε εντολή είτε να κλείσουν, είτε να αποκατασταθούν. Σήμερα, 19 χωματερές συνεχίζουν να λειτουργούν και 29 δεν έχουν αποκατασταθεί πλήρως, αν και έχουν περάσει εννέα χρόνια (Κοντίνη & Πληθάρας, 2019).



Εικόνα 6: Η διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων



Εικόνα 7: Διεργασίες του συστήματος διαχείρισης πλαστικών αποβλήτων

Η ανακύκλωση των πλαστικών αποβλήτων στην Ελλάδα

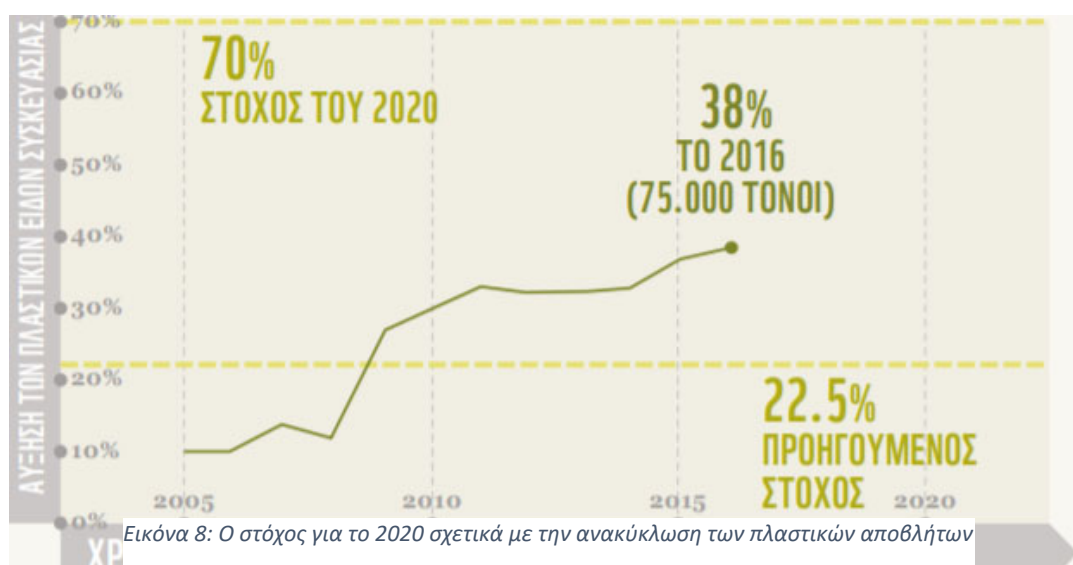
Το 2003 από την Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης δημιουργήθηκε το σύστημα των μπλε κάδων. Ήταν μια κοινοπραξία της οποίας το 65 % ανήκει σε παραγωγούς πλαστικών αποβλήτων και το 35 % στην Κεντρική Ένωση Δήμων

Ελλάδος. Μέσω του οικείου συστήματος συλλέγονται μεικτά ξηρά ανακυκλώσιμα. Το 2016 με την εφαρμογή του συστήματος αυτού συλλέχθηκαν 47.000 τόνοι πλαστικών αποβλήτων. Άλλα συστήματα για την συλλογή των πλαστικών απορριμμάτων είναι η Ανταποδοτική, η ΑΒ Βασιλόπουλος και η Ecoelastika. Η Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης αποτελεί το μεγαλύτερο σύστημα ΔΕΠ για τα πλαστικά απόβλητα συσκευασίας και λειτουργεί σε συνεργασία με 1.900 εταιρείες. Οι συνεργαζόμενες εταιρείες συνεισφέρουν με 66 € τον τόνο του πλαστικού και οι ετήσιες εισφορές συνολικά υπολογίζονται στο 1 εκατομμύριο ευρώ. Οι εισφορές αυτές είναι από τις πιο χαμηλές στην Ευρώπη (Κοντίνη & Πληθάρας, 2019).

Τα χρήματα από τις εισφορές χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του κόστους των μπλε κάδων, των οχημάτων συλλογής και των εγκαταστάσεων διαλογής. Οι δήμοι έχουν την ευθύνη για την συλλογή των απορριμμάτων, όπως έχει προαναφερθεί, και μετά την διαλογή τα συγκεντρωμένα πλαστικά απόβλητα πωλούνται είτε σε ανακυκλωτές, είτε εξάγονται σε κράτη όπως είναι η Ινδονησία και η Τουρκία (Κοντίνη & Πληθάρας, 2019).

Οι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει η ΔΕΠ εν συντομία είναι οι ακόλουθες (Κοντίνη & Πληθάρας, 2019):

- Η αύξηση της χρήσης των μπλε κάδων.
- Η ρίψη μόνο ανακυκλώσιμων αποβλήτων στους μπλε κάδους.
- Η συμμετοχή μικρομεσαίων επιχειρήσεων στα συστήματα ΔΕΠ.
- Μέχρι το 2020 να ανακυκλώνεται το 70 % των πλαστικών αποβλήτων.



Εικόνα 8: Ο στόχος για το 2020 σχετικά με την ανακύκλωση των πλαστικών αποβλήτων

Οι οικονομικές επιπτώσεις της πλαστικής ρύπανσης

Η πλαστική ρύπανση έχει διαπιστωθεί ότι επηρεάζει τις τουριστικές ροές ιδιαίτερω στις παράκτιες περιοχές και υπονομεύει τις νέες ιδιωτικές επενδύσεις στις τουριστικές υποδομές στις προαναφερθείσες περιοχές. Ο παράκτιος τουρισμός στην Ελλάδα υπολογίζεται γύρω στο 42 % του ετήσιου κρατικού τουριστικού ΑΕΠ και προσφέρει 333.500 θέσεις εργασίας (Κοντίνη & Πληθάρας, 2019).

Σύμφωνα με τους Κοντίνη και Πληθάρα (2019: 14) η «[...] θαλάσσια ρύπανση μπορεί να οδηγήσει σε βλάβες στις μηχανές σκαφών και στα αλιευτικά δίκτυα προκαλώντας ζημιές στην αλιευτική βιομηχανία. Το μεγαλύτερο κόστος για την αλιεία σχετίζεται με τις ζημιές σκαφών, το πρόσθετο κόστος συντήρησης που προκαλείται από τη σύγκρουση με πλαστικά απορρίμματα και τις ζημιές που προκαλούνται στα δίκτυα που γεμίζουν με πλαστικά αντί με ψάρια. Η θαλάσσια πλαστική ρύπανση μειώνει επίσης την προμήθεια αλλά και τη ζήτηση ψαρικών, είτε λόγω του γεγονότος ότι προκαλεί θανάτωση ειδών, είτε λόγω του προβληματισμού που αναπτύσσεται στους καταναλωτές εξαιτίας της κατάποσης πλαστικών από ψάρια.»

Τα πλαστικά απόβλητα επηρεάζουν και τις θαλάσσιες μεταφορές, διότι πολύ συχνά συμβαίνουν συγκρούσεις με πλαστικά απορρίμματα ή παγιδεύονται πλαστικά στις μηχανές ή στις προπέλες. Το κόστος που προκαλείται είναι αρκετά μεγάλο και αφορά τις καθυστερήσεις και τις ακυρώσεις δρομολογίων και το πρόσθετο κόστος συντήρησης. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις επηρεάζονται από τις καθυστερήσεις στα δρομολόγια των πλοίων και από το κόστος της απορρύπανσης. Το κόστος για τον καθαρισμό μιας ακτογραμμής υπολογίζεται στα 20.000 δολάρια σε κάθε τόνο ογκωδών πλαστικών απορριμμάτων και αλιευτικών εργαλείων (Κοντίνη & Πληθάρας, 2019).

Υφιστάμενες πολιτικές στην Ελλάδα για τα πλαστικά απορρίμματα

2019 → Απαγόρευση της δωρεάν διάθεσης της πλαστικής σακούλας

2018 → Οδηγία Ε.Ε. 2018/ 852: «Οδηγία (ΕΕ) 2018/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 30ής Μαΐου 2018, για τροποποίηση της οδηγίας 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας.»

2017 → Ν. 4496/ 2017: «Τροποποίηση του ν. 2939/2001 για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, προσαρμογή στην Οδηγία 2015/720/

ΕΕ, ρύθμιση θεμάτων του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης και άλλες διατάξεις.»

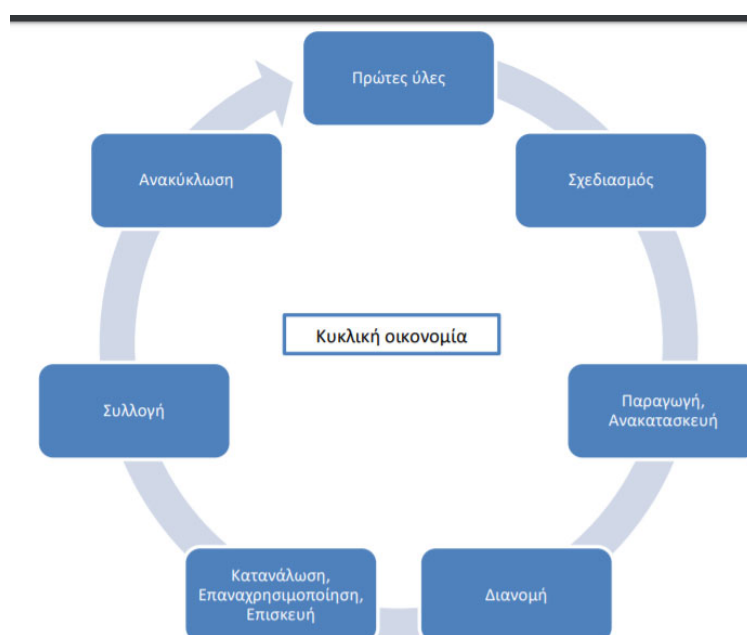
2017 → Σύστημα μπλε κάδων σε δήμους

2012 → Ν. 4042/ 2012: «Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/99/ΕΚ - πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/98/ΕΚ - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.»

2011 → Κλείσιμο παράνομων χωματερών

2001 → Ν. 2939/01: «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις.»

1.2. Η κυκλική οικονομία των πλαστικών



Εικόνα 9: Υπόδειγμα κυκλικής οικονομίας

Η απόθεση των πλαστικών αποβλήτων, όπως φάνηκε από την προηγούμενη ενότητα, προκαλεί σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, αν και διαθέτουν χρήσιμα χαρακτηριστικά και είναι πολύ ανθεκτικές ύλες. Συνάμα, η απόθεση των πλαστικών απορριμμάτων συνιστά ένα σοβαρό οικονομικό πρόβλημα, λόγω του ότι τα πλαστικά προβλήματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ξανά ως πρώτες ύλες με μια σημαντική οικονομική αξία. Επομένως, όσο συνεχίζεται η απόθεση των πλαστικών αποβλήτων

στο περιβάλλον, τόσο σπαταλούνται πολύτιμοι πόροι (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019). «*Το ζήτημα της κυκλικής οικονομίας είναι αυτό το σπάταλο γραμμικό υπόδειγμα εξόρυξης πρωτογενών πρώτων υλών – μεταποίησης – κατανάλωσης – απόθεσης να μετατραπεί σε κυκλικό υπόδειγμα, όπου περιορίζεται στο ελάχιστο η σπατάλη σε κάθε στάδιο της αλυσίδας αξίας ενός προϊόντος ενώ επανεισάγεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του κατάλοιπου της διαδικασίας στον παραγωγικό κύκλο με τη μορφή δευτερογενών πρώτων υλών.*» (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019: 69).

Η μετάβαση στην κυκλική οικονομία των πλαστικών είναι άμεσα συνυφασμένη με σημαντικά οικονομικά οφέλη. Συγκεκριμένα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο θα μπορούσαν να μειωθούν οι ανάγκες για εισροή υλικών σε ποσοστό 17 – 24 % έως το 2030. Σε αντιστοιχία με ευρώ το ποσοστό αυτό μεταφράζεται σε 630 δισεκατομμύρια ευρώ τον χρόνο στο σύνολο της ευρωπαϊκής βιομηχανίας. Η εξοικονόμηση αυτή είναι δυνατόν αν επιτευχθεί με την υλοποίηση των κατάλληλων ρυθμιστικών παρεμβάσεων και την ενεργητική συμμετοχή των κρατικών δομών. Η μετάβαση στη κυκλική οικονομία εγκρίνεται και από τους νομοθέτες ως μια μείζονος σημασίας παράμετρος για την διασφάλιση της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας της Ευρώπης (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019).

Στην Ελλάδα, πρέπει να λάβουν χώρα σημαντικές θεσμικές μεταρρυθμίσεις ουτωςώστε να επιτευχθεί η κυκλική οικονομία. Η χώρα μας όσον αφορά τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις, εφόσον τα πιο πολλά οδηγούνται στη ταφή και ελάχιστα επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται. Άρα, είναι αναμενόμενο η ελληνική οικονομία να βασίζεται κατ' αποκλειστικότητα σε πρωτογενείς και εισαγόμενες πρώτες ύλες, με συνέπεια να έχει αυτή την χαμηλή κατάταξη και να απολύει σημαντικές ευκαιρίες για την οικοδόμηση μιας εγχώριας προστιθέμενης αξίας και απασχόλησης (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019).

1.2.1. Το ευρωπαϊκό πλαίσιο για την κυκλική οικονομία και τα πλαστικά απόβλητα

2020 → Ευρώπη 2020: Στρατηγική για έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη (COM 2010/2020).

2011 → Μια Ευρώπη που χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τους πόρους (COM 2011/21).

2011 → Χάρτης πορείας για μια αποδοτική, από πλευράς πόρων Ευρώπη (COM 2011/ 571).

2014 → Προς μια κυκλική οικονομία: πρόγραμμα μηδενικών αποβλήτων για την Ευρώπη (COM 2014/ 398).

2015 → Οδηγία 2015/720 για τη μείωση της κατανάλωσης των λεπτών πλαστικών σακουλών μεταφοράς.

2015 → Σχέδιο δράσης για την Κυκλική οικονομία (COM 2015/ 614).

2018 → Ευρωπαϊκή στρατηγική για τις πλαστικές σακούλες σε μια κυκλική οικονομία (COM 2018/ 28).

2018 → Αναθεωρημένη οδηγία για τα απόβλητα (EE 2018/ 851).

2019 → Οδηγία 2019/ 904 για τη μείωση του αντίκτυπου συγκεκριμένων πλαστικών προϊόντων στο περιβάλλον.

1.2.1.1. Ο χάρτης πορείας για μια αποδοτική, από πλευράς πόρων, Ευρώπη

Το 2011, δημοσιεύτηκε ο «Χάρτης πορείας για μια αποδοτική, από πλευράς πόρων, Ευρώπη». Όραμα του χάρτη αυτού ήταν η οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης να είναι ανταγωνιστική και να εξασφαλίζει ένα υψηλό βιοτικό επίπεδο, ελαχιστοποιώντας τους κοινωνικούς αποκλεισμούς και τις περιβαλλοντικές συνέπειες. Προκειμένου να πάρει σάρκα και οστά το όραμα αυτό, ο χάρτης πορείας έθεσε ως χρονικό όριο τη χρονιά 2020 σε ορισμένους τομείς, όπως είναι η μετατροπή των αποβλήτων σε πόρους. Ο χάρτης μέχρι το 2020 είχε θέσει τους ακόλουθους στόχους (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019):

- Τα απόβλητα να θεωρούνται και να διαχειρίζονται σαν να είναι πόροι.
- Να πραγματοποιείται ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων, καθώς αποτελούν ιδιαίτερα ελκυστικές επιλογές τόσο για τους δημόσιους, όσο και για τους ιδιωτικούς φορείς.
- Η διαλογή των αποβλήτων και η ανάπτυξη των λειτουργικών αγορών για τις δευτερογενείς πρώτες ύλες να έχει διαδοθεί ευρέως.
- Η πλειοψηφία των υλικών να ανακυκλώνονται.
- Να εξασφαλίζεται μια όσο το δυνατόν υψηλής ποιότητας ανακύκλωση.
- Να έχει μηδενιστεί η παράνομη διακίνηση των αποβλήτων.

- Η ανάκτηση της ενέργειας να περιορίζεται στα υλικά που δεν είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν.
- Να έχει καταργηθεί η υγειονομική ταφή.

Για να επιτευχθούν οι προαναφερθέντες στόχοι, εξίσου σημαντικό είναι να ληφθούν και πρόσθετα μέτρα, όπως είναι (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019):

- Η παροχή οικονομικών κινήτρων.
- Η ανάπτυξη κριτηρίου αποχαρακτηρισμού αποβλήτων.
- Η επανεξέταση των στόχων πρόληψης, επαναχρησιμοποίησης, ανάκτησης και εκτροπής από την υγειονομική ταφή.
- Η θέσπιση ελάχιστων ποσοστών ανακυκλωμένων υλικών.

1.2.1.2. Πρόγραμμα μηδενικών αποβλήτων για την Ευρώπη

Το 2014, εκδόθηκε από την Ευρώπη το «Πρόγραμμα μηδενικών αποβλήτων για την Ευρώπη». Το πρόγραμμα αυτό περιελάμβανε πρωτοβουλίες και προτάσεις της επιτροπής για μια ομαλή μετάβαση στη κυκλική οικονομία. Στο εν λόγω πρόγραμμα, προτείνονται στόχοι για ανακύκλωση πλαστικών έως το 2030 και απαγορεύεται η υγειονομική ταφή μέχρι και το 2025. Συνάμα, προτάθηκαν η αποσαφήνιση της μεθόδου του υπολογισμού για τα ανακυκλωμένα υλικά, η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συστημάτων παρακολούθησης στοιχείων και η απλοποίηση των υποχρεώσεων υποβολής εκθέσεων, με απώτερη επιδίωξη την βελτίωση της συνεκτικότητας των στατιστικών για τα απόβλητα. Στο πρόγραμμα προβλεπόταν και ποικίλες δράσεις για την υποστήριξη της έρευνας, της καινοτομίας και των επενδύσεων στον τομέα της κυκλικής οικονομίας (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019).

1.2.1.3. Οδηγία για τη μείωση της κατανάλωσης λεπτής σακούλας μεταφοράς

Συνειδητοποιώντας τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τις λεπτές σακούλες μεταφοράς, οι θεσμοί της Ευρώπης έδωσαν την έγκρισή τους για να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις αναφορικά με την οδηγία για τη συσκευασία. Ειδικότερα, η οδηγία που εκδόθηκε το 2015 όριζε τις προδιαγραφές για τις λεπτές και τις πολύ λεπτές σακούλες μεταφοράς και προσδιόρισε τις υποχρεώσεις των κρατών μελών με στόχο την μείωση των λεπτών σακουλών. Συνάμα, στην οδηγία υπήρχε η πρόβλεψη και για τη λήψη μέτρων για την βιοαποικοδόμηση και την λιπασματοποίηση της πλαστικής σακούλας και για την υποβολή εκθέσεων για την Ανάλυση του βαθμού

αποτελεσματικότητας των μέτρων οδηγίας (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019).

Συγκεκριμένα, προκειμένου να μειωθεί η χρήση της λεπτής σακούλας τα κράτη μέλη της Ε. Ε. υποχρεώθηκαν να εφαρμόσουν τα ακόλουθα μέτρα (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019: 73): «**I.** Να εξασφαλίσουν ότι το μέσο επίπεδο κατανάλωσης λεπτής πλαστικής σακούλας δεν θα υπερβαίνει τις 90 πλαστικές σακούλες κατά κεφαλήν ως το τέλος του 2019. Επιπλέον, ο στόχος για το τέλος του 2025 ορίστηκε στις 40 πλαστικές σακούλες κατά κεφαλήν. Στους εθνικούς στόχους, δόθηκε η δυνατότητα να εξαιρούνται οι πολύ λεπτές σακούλες. **II.** Το αργότερο έως το τέλος του 2018, να φροντίσουν πως οι λεπτές πλαστικές σακούλες δεν θα παρέχονται δωρεάν στα σημεία πώλησης εμπορευμάτων ή προϊόντων. Οι πολύ λεπτές σακούλες εξαιρέθηκαν από το μέτρο.».

1.2.1.4. Σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία

Τον Δεκέμβριο του 2015, ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το «Σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία». Το σχέδιο απαρτιζόταν από τις εξής δράσεις (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019: 73 - 74):

Παραγωγή

- Προετοιμασία οδηγίας για τον οικολογικό σχεδιασμό προϊόντων με στόχο να προωθηθούν οι δυνατότητες επισκευής, αναβάθμισης και ανακύκλωσης και την βελτίωση της ανθεκτικότητας των προϊόντων.
- Διατάξεις αναφορικά με την διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού και κανόνες σχετικούς με τα υποπροϊόντα στις νομοθετικές προτάσεις για τα απόβλητα.
- Καθοδήγηση στις βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων και αποδοτικής χρήσης πόρων.

Κατανάλωση

- Χρήση ειδικών σημάτων ανθεκτικότητας στα προϊόντα.
- Νέους κανόνες για την ενίσχυση της επαναχρησιμοποίησης στις προτάσεις για τα απόβλητα.

Διαχείριση αποβλήτων

- Αναθεωρημένες νομοθετικές διατάξεις για τα απόβλητα.

- Διασφάλιση ότι οι επενδύσεις με πόρους από ταμεία συνοχής στον τομέα των αποβλήτων βοηθούν στην υλοποίηση των στόχων της νομοθεσίας της Ε.Ε. για τα απόβλητα και χαρακτηρίζονται από την ιεράρχηση των αποβλήτων.

Μετατροπή αποβλήτων σε πόρους

- Ενίσχυση της αγοράς δευτερογενών πρώτων υλών.
- Ανάπτυξη ποιοτικών προτύπων για δευτερογενείς πρώτες ύλες και ιδιαιτέρως για τα πλαστικά.
- Βελτιώσεις στους κανόνες που αφορούν τον αποχαρακτηρισμό των αποβλήτων.
- Αλληλοσύνδεση της νομοθεσίας για τις χημικές ουσίες, τα προϊόντα και τα απόβλητα.
- Πρόσθετη ανάπτυξη του συστήματος πληροφοριών για τις πρώτες ύλες.
- Προώθηση και υποστήριξη της έρευνας σχετικά για τις ροές των πρώτων υλών.

Δημιουργία στρατηγικής για τις πλαστικές ύλες στην κυκλική οικονομία

Η δημιουργία στρατηγικής για τις πλαστικές ύλες στην κυκλική οικονομία καλύπτει ζητήματα όπως είναι η ανακυκλωσιμότητα, η βιοαποδομησιμότητα, η παρουσία ουσιών που προκαλούν ανησυχία και τα θαλάσσια απορρίμματα.

Φιλόδοξο στόχο για την ανακύκλωση των πλαστικών συσκευασιών κατά την αναθεώρηση των προτάσεων για τα απόβλητα.

1.2.1.5. Ευρωπαϊκή στρατηγική για τις πλαστικές ύλες σε μια κυκλική οικονομία

Τον Ιανουάριο του 2018 ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η «Ευρωπαϊκή στρατηγική για τις πλαστικές ύλες σε μια κυκλική οικονομία». Τα βασικά σημεία του οράματος για την νέα ευρωπαϊκή οικονομία των πλαστικών παρατίθενται ακολούθως (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019):

- Το σύνολο των πλαστικών συσκευασιών που διατίθενται στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα είναι ή επαναχρησιμοποιούμενες ή ανακυκλώσιμες. Αυτό θα εφαρμοστεί μέχρι το 2030.
- Το 50 % και άνω των πλαστικών αποβλήτων που παράγονται στην ευρωπαϊκή επικράτεια θα ανακυκλώνονται. Αυτό θα εφαρμοστεί μέχρι το 2030.
- Η διαλογή και η ανακύκλωση θα πρέπει να έχουν τετραπλασιαστεί μέχρι το 2030, σε σύγκριση με τα ποσοστά του 2015.

- Θα έχει καταργηθεί βαθμιαία η εξαγωγή πλαστικών αποβλήτων κατόπιν ανεπαρκούς διαλογής.
- Τα ανακυκλωμένα πλαστικά θα συνιστούν πολύτιμη πρώτη ύλη για τις βιομηχανίες του εσωτερικού και του εξωτερικού.
- Οι ουσίες που έχουν βρεθεί ότι παρεμποδίζουν τις διαδικασίες της ανακύκλωσης θα πρέπει να αντικατασταθούν ή να καταργηθούν.
- Η ζήτηση των ανακυκλωμένων πλαστικών στον Ευρωπαϊκό χώρο θα πρέπει να τετραπλασιαστεί.
- Θα αναπτύσσονται και θα χρησιμοποιούνται καινοτόμα και πρωτότυπα υλικά για την παραγωγή των πλαστικών.
- Η Ευρώπη θα επιβεβαιώνει τον ηγετικό της ρόλο στον κλάδο του εξοπλισμού και των τεχνολογιών διαλογής και ανακύκλωσης.

Για να επιτευχθούν όλα τα ανωτέρω θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα και για την εφαρμογή των κάτωθι μέτρων (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019: 75):

- Βελτίωση της δράσης των προϊόντων.
- Αύξηση της περιεκτικότητας σε υλικά που ανακυκλώνονται.
- Βελτίωση της χωριστής αποκομιδής των πλαστικών αποβλήτων.
- Μείωση της χρήσης των πλαστικών μιας χρήσης.
- Αποτελεσματικότερη παρακολούθηση και μείωση των θαλάσσιων απορριμμάτων.
- Λιπασματοποιήσιμα και βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά.
- Μείωση της ρύπανσης που προκαλείται από τα πλαστικά απόβλητα.
- Προώθηση των επενδύσεων και της καινοτομίας σε όλα τα στάδια της αλυσίδας αξίας.
- Αξιοποίηση των δυνατοτήτων σε παγκόσμια κλίμακα.

1.2.1.6. Αναθεωρημένη οδηγία για τα απόβλητα

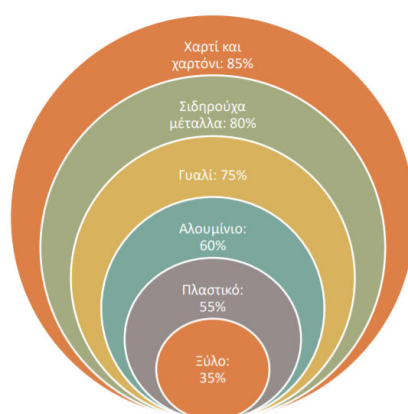
Η αναθεωρημένη οδηγία για τα απόβλητα υποχρεώνει όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης να βελτιώσουν τα συστήματα διαχείρισης των αποβλήτων με ταυτόχρονη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης και με στόχο τον αποχαρακτηρισμό ορισμένων ρευμάτων αποβλήτων και την μετατροπή τους σε δευτερογενή τύπου πρώτες ύλες. Συνάμα, είναι σημαντικό να μειωθούν τα απόβλητα που προέρχονται από συσκευασίες και το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Στην

οδηγία αυτή τίθενται και οι βάσεις για μια πιο σωστή διαχείριση των αποβλήτων. Προκειμένου να επιτευχθεί η διαχείριση αυτή, η αναθεωρημένη οδηγία προτείνει ποικίλα οικονομικά εργαλεία τα οποία προωθούν την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019).

«Πιο συγκεκριμένα για τα πλαστικά απόβλητα, η ανανεωμένη οδηγία αναφέρει ως εξαιρετικά σημαντική την εφαρμογή μέτρων για την αύξηση του μεριδίου των επαναχρησιμοποιούμενων πλαστικών συσκευασιών στην ευρωπαϊκή αγορά. Συστήματα που στηρίζονται στην επιστροφή εγγύησης όταν η συσκευασία επιστρέφεται [...], χρήση οικονομικών εργαλείων, αλλά και η θεσμοθέτηση εθνικών ετησίων στόχων σχετικά με το ποσοστό των επαναχρησιμοποιούμενων συσκευασιών ανά κράτος μέλος αποτελούν μερικά από τα προτεινόμενα μέτρα της αναθεωρημένης οδηγίας.» (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019).

Οι στόχοι που τίθενται από την αναθεωρημένη οδηγία είναι οι ακόλουθοι (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019):

- Να ανακυκλώνεται το 65 % των αστικών στερεών αποβλήτων μέχρι το 2035.
- Να βελτιωθεί η ανακύκλωση των αποβλήτων συσκευασίας, σε ποσοστό 70 % έως το 2030.
- Περιορισμός της διάθεσης των αποβλήτων σε ΧΥΤΑ το πολύ 10 % των διαχειριζόμενων αποβλήτων μέχρι το 2035.
- Μέχρι το 2030 η ανακύκλωση των πλαστικών συσκευασιών να είναι 55 %.



Εικόνα 10: Οι στόχοι της ανακύκλωσης ανά υλικό στα απόβλητα συσκευασίας, μέχρι το 2030.

1.2.1.7. Οδηγία για την μείωση του αντίκτυπου συγκεκριμένων πλαστικών προϊόντων στο περιβάλλον

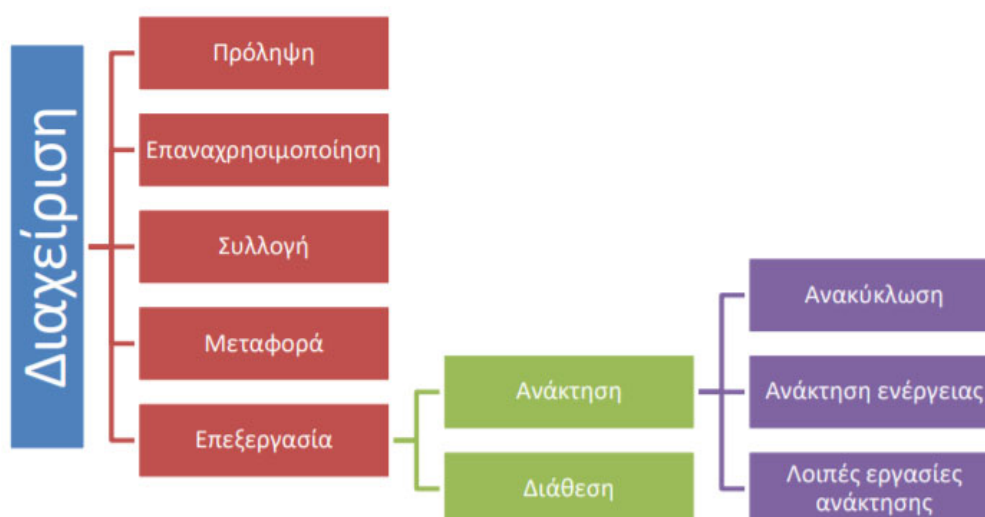
Η οδηγία για την μείωση του αντίκτυπου συγκεκριμένων πλαστικών προϊόντων στο περιβάλλον προβλέπει τα ακόλουθα (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019: 71):

- Μείωση ή απαγόρευση ορισμένων πλαστικών προϊόντων μιας χρήσης.
- Συγκεκριμένες απαιτήσεις για τον σχεδιασμό και την σήμανση πλαστικών προϊόντων μιας χρήσης.
- Δημιουργία ενός συστήματος ξεχωριστής συλλογής για ανακύκλωση πλαστικών μπουκαλιών, με συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους.

1.3. Το Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο για την κυκλική οικονομία και τα πλαστικά

2012 → Ν. 4042/2012 «Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/99/ΕΚ - πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/98/ΕΚ - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» (<https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/apobleta/n-4042-2012.html>).

1.4. Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων



Εικόνα 11: Εργασίες διαχείρισης αποβλήτων

Τον Δεκέμβριο του 2015 δημοσιεύτηκε το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων και περιλάμβανε την εξής στοχοθεσία (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019: 83):

- Η προετοιμασία προς επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση με προδιαλογή τουλάχιστον για χαρτί, μέταλλα, πλαστικό και γυαλί στο 65% του καθαρού βάρους των ΑΣΑ.
- Για τα πλαστικά, το ΕΣΔΑ προέβλεπε ότι το 2020 η παραγωγή ΑΣΑ από πλαστικό θα ανέλθει σε 803 χιλ. τόνους. Από αυτό τον όγκο, 625 χιλ. ή 78% θα αντιστοιχεί σε όγκους που προετοιμάζονται για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση.
- Στα απόβλητα συσκευασιών, η παραγωγή θα ανέλθει σε 199 χιλ. τόνοι, ενώ η ανακύκλωση θα φτάσει το 70% ή 139 χιλ. τόνοι (με ελάχιστο στόχο το 22,5% ή 45 χιλ. τόνοι).
- Η ανακύκλωση λοιπών ανακυκλώσιμων υλικών από πλαστικό θα ανέλθει σε 451 χιλ. τόνους (56% των παραγόμενων πλαστικών ΑΣΑ), με άλλους 35 χιλ. τόνους (4,4%) να ανακυκλώνονται από συλλογή και επεξεργασία υπολειπόμενων σύμμεικτων. Με αυτό τον τρόπο, η διάθεση πλαστικών ΑΣΑ περιορίζεται σε 17,3% της παραγωγής ή 139 χιλ. τόνους.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι ανωτέρω στόχοι το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων προβλέπει μια σειρά δράσεων και μέτρων, που αποσκοπούν στη βελτίωση των υποδομών και στη κατάρτιση προδιαγραφών, προτύπων, οδηγιών και μελετών. Ειδικότερα, όσον αφορά τα πλαστικά προβλέπονται τα ακόλουθα (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2019: 84):

- Περαιτέρω εξειδίκευση προγραμμάτων πρόληψης και αποτροπής χρήσης πλαστικής σακούλας.
- Έκδοση νομοθετικής ρύθμισης για τη δημιουργία νέου δικτύου Πράσινων Σημείων και ΚΑΕΔΙΣΠ.
- Ανάπτυξη του νέου δικτύου από τους δήμους.
- Υποχρέωση εκπόνησης τοπικών σχεδίων διαχείρισης.
- Ενσωμάτωση του Ηλεκτρονικού Μητρώου Δεδομένων Αποβλήτων (ΗΜΔΑ) στο Ηλεκτρονικό Περιβαλλοντικό Μητρώο και εναρμόνισή του με τις απαιτήσεις αναφοράς προς την ΕΕ και Eurostat.

- Δημιουργία Ηλεκτρονικής Αγοράς Αποβλήτων (ΗΑΑ).
- Εκπόνηση μελετών ποιοτικής σύστασης ΑΣΑ.
- Έκδοση ενός σαφούς, απλού και νομικά δεσμευτικού ενιαίου κώδικα καθαριότητας για τους δήμους.
- Σύναψη εθελοντικών συμφωνιών με φορείς της βιομηχανίας για την απορρόφηση δευτερογενών υλικών.
- Ανάπτυξη ηλεκτρονικής πλατφόρμας αποβλήτων.
- Εθελοντικά σχέδια διαχείρισης αποβλήτων από τη βιομηχανία.
- Δημιουργία μητρώου παραγωγών συσκευασιών και άλλων προϊόντων.
- Αναβαθμίσεις στα δίκτυα συλλογής και μεταφοράς και ολοκλήρωση του δικτύου επεξεργασίας ΑΣΑ.
- Ολοκλήρωση του δικτύου συγκέντρωσης και επεξεργασίας ανακυκλώσιμων υλικών.
- Πλήρης πληθυσμιακή κάλυψη της χωριστής συλλογής αποβλήτων συσκευασίας και επέκταση του δικτύου τεσσάρων ρευμάτων με σκοπό την εξασφάλιση ανακύκλωσης υψηλής ποιότητας.
- Ριζική αναθεώρηση των Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης.
- Εφαρμογή οικονομικών εργαλείων (όπως «πληρώνω όσο πετάω», τέλη ταφής, περιβαλλοντικοί φόροι και διευρυμένη ευθύνη παραγωγού) κατόπιν εκπόνησης εξειδικευμένης μελέτης σε εθνικό επίπεδο .
- Καθορισμός διαδικασιών για τον αποχαρακτηρισμό αποβλήτων.

1.5. Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων

2017 → Κοινή Υπουργική Απόφαση 180036/ 952 για την μείωση της κατανάλωσης της λεπτής σακούλας.

2017 → Ν. 4496/ 2017 «Τροποποίηση του ν. 2939/2001 για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, προσαρμογή στην Οδηγία 2015/720/ ΕΕ, ρύθμιση θεμάτων του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης και άλλες διατάξεις.»

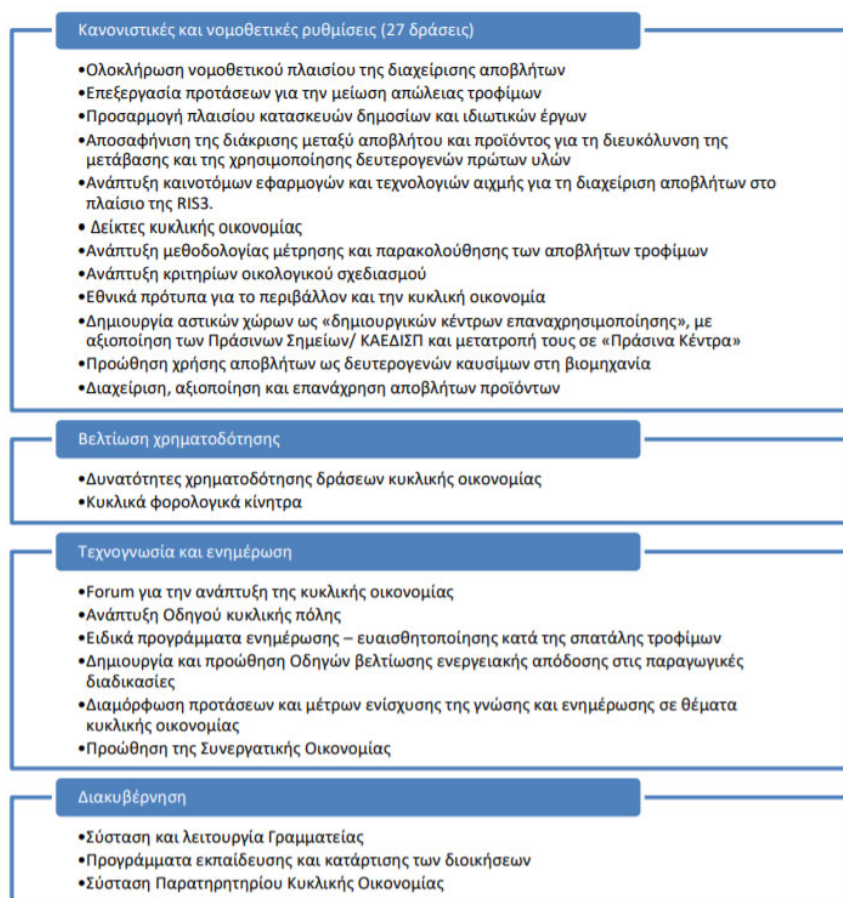
2018 → Ν. 4555/ 2018 «Μεταρρύθμιση του θεσμικού πλαισίου της Τοπικής Αυτοδιοίκησης - Εμβάθυνση της Δημοκρατίας - Ενίσχυση της Συμμετοχής - Βελτίωση της οικονομικής και αναπτυξιακής λειτουργίας των Ο.Τ.Α. [Πρόγραμμα «ΚΛΕΙΣΘΕΝΗΣ Ι»] -Ρυθμίσεις για τον εκσυγχρονισμό του πλαισίου οργάνωσης και

λειτουργίας των ΦΟΔΣΑ - Ρυθμίσεις για την αποτελεσματικότερη, ταχύτερη και ενιαία άσκηση των αρμοδιοτήτων σχετικά με την απονομή ιθαγένειας και την πολιτογράφηση - Λοιπές διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Εσωτερικών και άλλες διατάξεις.»

2018 → Εθνική στρατηγική για την κυκλική οικονομία

Επιχειρήσεις	Καταναλωτές	Ευρύτερης στόχευσης
<ul style="list-style-type: none"> • Προαγωγή του οικολογικού σχεδιασμού • Ευαισθητοποίηση επιχειρήσεων • Περαιτέρω προώθηση εθελοντικών συμφωνιών με τη βιομηχανία και το εμπόριο • Κριτήρια πρόληψης σε δημοπρασίες και συμβάσεις 	<ul style="list-style-type: none"> • Οικονομικά μέτρα για μείωση των πλαστικών τσαντών μιας χρήσης • Εκστρατείες ευαισθητοποίησης • Προαγωγή της επαναχρησιμοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Προώθηση της έρευνας, καινοτόμες τεχνολογίες και περιβαλλοντική πληροφόρηση

Εικόνα 12: Μέτρα πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων συσκευασίας στο ΕΣΣΠΔΑ



Εικόνα 13: Επιχειρησιακό σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2018)

Κεφάλαιο 2^ο: Πρότυπο 14040 και διαδικασίες ανακύκλωσης

2.1. Πρότυπο ISO 14040: 2006

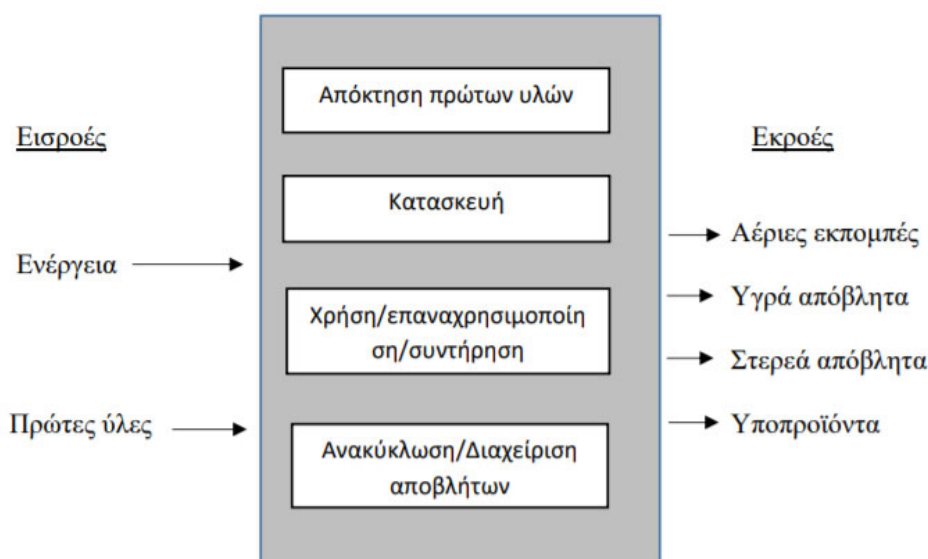
Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής, κατά τον οργανισμό SETAC συνιστά ένα εργαλείο προσδιορισμού και ανάλυσης του συνόλου των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, ενός συστήματος παροχής υπηρεσιών, οι οποίες πραγματοποιούνται καθόλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του. Η εν λόγω τακτική είναι ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και συμβάλλει στον προσδιορισμό, την ποσοτικοποίηση της ενέργειας, της επεξεργασίας των υλικών που χρησιμοποιούνται και της απόρριψης των αποβλήτων που διοχετεύονται στο περιβάλλον. Συνάμα, λαμβάνει χώρα και μια εκτίμηση των επιπτώσεων που προκύπτουν από τη χρήση της ενέργειας, των υλικών και των αποβλήτων και εκτιμώνται οι πιθανές δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών προόδων (Finkbeiner, et. al., 2006). Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής απαρτίζεται από την εξαγωγή και την επεξεργασία των πρώτων υλών, την κατασκευή του προϊόντος, την μεταφορά του, τη διανομή του, τη χρήση του και την συντήρησή του, την διαχείριση των αποβλήτων του (Ζαμπανιώτου, 1997).



Εικόνα 14: Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος

Το εκάστοτε προϊόν έχει έναν συγκεκριμένο κύκλο ζωής, ο οποίος απαρτίζεται από τα ακόλουθα τέσσερα στάδια: την εισαγωγή του προϊόντος στην αγορά, την ανάπτυξή του, την ωριμότητά του και την παρακμή του. Επί της ουσίας, ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος εκκινείται από την απόκτηση των βασικών υλών, έπεται η μεταφορά των πρώτων υλών, κατασκευάζεται στη συνέχεια το προϊόν, χρησιμοποιείται και επαναχρησιμοποιείται και στο τέλος, γίνεται η τελική του απόρριψη και η διαχείριση των αποβλήτων του. Η έκταση του κύκλου είναι ανάλογη του προϊόντος. Κατά την διάρκεια της ζωής του προϊόντος, η όποια διαδικασία πραγματοποιείται επιβαρύνει ποικίλλως το περιβάλλον.

Οι οικείες επιβαρύνσεις ευθύνονται για την κλιματική μεταβολή, την μείωση των μη ανανεώσιμων ορυκτών πόρων, την μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, τον ευτροφισμό, την δημιουργία αιθαλομίχλης, την όξινηση, τις τοξικολογικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και στην υγεία των ανθρώπων, στη χρήση του νερού και του εδάφους. Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι πολυδιάστατη και γι' αυτό είναι αναγκαία η ελαχιστοποίηση της ρύπανσης και η πρόληψη όσο το δυνατόν των περισσότερων επιπτώσεων (Αμπελιώτης, 2010).



Εικόνα 15: Τα στάδια του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος και οι αλληλεπιδράσεις του με το περιβάλλον.

Το πρότυπο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης – Ανάλυση κύκλου ζωής – Αρχές και πλαίσιο (ISO 14040) μας παρέχει μια σαφή εικόνα της πρακτικής, του εύρους των εφαρμογών και των περιορισμών της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής για ένα ευρύ πεδίο ενδεχόμενων χρηστών και εμπλεκόμενων φορέων. Το πρότυπο ISO 14040 δεν περιλαμβάνει μια αναλυτική περιγραφή της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής, ούτε καθορίζει τις μεθοδολογίες που πρέπει να ακολουθηθούν για κάθε φάση της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής (Διακογιάννης, 2009).

2.2. Μεθοδολογία LCA (Ανάλυση Κύκλου Ζωής)

Η έννοια της «Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής» πρωτοεμφανίστηκε το 1960 και η πρώτη Ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος έγινε από την εταιρεία της Coca Cola το 1969. Η εν λόγω εταιρεία αναζητούσε νέα υλικά για την εμφιάλωση του αναψυκτικού και έτσι, ανέθεσε στο Ινστιτούτο Ερευνών του Midwest, προκειμένου τον εντοπισμό των μικρότερων περιβαλλοντικών συνεπειών και των μειωμένων απωλειών

ενέργειας και την Ανάλυση των ήδη χρησιμοποιούμενων υλικών. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή με την ονομασία Resource and Environmental Profile Analysis (Mila I Canals, 2003). Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1970 πραγματοποιήθηκαν παρεμφερείς έρευνες στις ΗΠΑ και σε πολλά ευρωπαϊκά κράτη. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των καταγεγραμμένων ερευνών από το 1970 μέχρι το 1975 ανήλθε στις 15 REPAs (Μεγαλόφωνος, 2001).

Κατά την διάρκεια του 1980 η πετρελαϊκή κρίση σταδιακά όδευε προς την κορύφωσή της και η ανάγκη για την ανάπτυξη της μεθόδου της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής ολοένα και γιγαντωνόταν. Το ενδιαφέρον του ερευνητικού δυναμικού, σε παγκόσμιο επίπεδο ήταν περιορισμένο και μέσα σε αυτό το πλαίσιο η Περιβαλλοντική Διεύθυνση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έθεσε το 1985 ως βασικό θέμα της έρευνας την συσκευασία των υγρών τροφίμων. Η ανάθεση αυτή ενίσχυσε τη χρήση του οικολογικού ισοζυγίου και κατ' επέκταση της Ανάλυση του Κύκλου Ζωής και εκείνο το χρονικό διάστημα δημοσιοποιήθηκε από τον SETAC μια σειρά οδηγιών για τη μεθοδολογία της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής. Στις αρχές του 1990 το κύριο πρόβλημα ήταν η διαχείριση των στερεών αποβλήτων, λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούσαν. Οι μελέτες που διεξήχθησαν την περίοδο αυτή έφεραν τις ακόλουθες ονομασίες: Resource and Environmental Profile Analysis (REPA), Ecobalances, Integral Environmental Analyses and Environmental Profiles. Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής καθιερώθηκε ως το κύριο περιβαλλοντικό εργαλείο και η διεθνής κοινότητα πρότεινε την υπάρχουσα ονομασία του «Life Cycle Analysis – LCA» με την έκδοση του προτύπου ISO 14040: 1997 (Baumann, et. al., 2004).

Οι πρώτες κατευθυντήριες γραμμές για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής δημοσιεύτηκε από τον SETAC και εν συνεχεία, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) ανέπτυξε περαιτέρω τα μεθοδολογικά πρότυπα. Στο πρότυπο ISO 14040 περιλαμβάνονται τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία διεξάγεται μια μελέτη της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής. Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής είναι αποδεκτή από το σύνολο της διεθνούς κοινότητας, λόγω της ενοποίησης των μεθόδων και των διαδικασιών (Finkbeiner, et. al., 2006).

2.2.1. Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής

Βελτίωση στο σχεδιασμό του προϊόντος

Μία μελέτη για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής χρησιμοποιείται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με τον σχεδιασμό ή τον επανασχεδιασμό ενός προϊόντος. Συνάμα, συμβάλλει στη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ποικίλων επιλογών σχεδιασμού και αξιολογούνται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που φέρουν (European Environment Agency, 1998).

Σύνδεση με άλλα εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής μπορεί να συνδεθεί και με άλλα εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης και να χρησιμοποιηθεί και στο Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης. Παραδείγματος χάριν, μια επιδίωξη της περιβαλλοντικής πολιτικής που ακολουθεί μια επιχείρηση πιθανόν να είναι η ελάττωση των περιβαλλοντικών συνεπειών που σχετίζονται με τα προϊόντα που προτείνει. Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μια βάση για την θέσπιση των κριτηρίων που πρέπει να πληρούνται από τα προϊόντα, ούτως ώστε να δικαιούται το περιβαλλοντικό οικολογικό σήμα (European Environment Agency, 1998).

Επιχειρηματική οφέλη

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και ως ένα εργαλείο μάρκετινγκ και προβολής προϊόντων που είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Όταν μια επιχείρηση δημοσιοποιεί την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αποδεικνύει την περιβαλλοντική και οικονομική της ευαισθησία και γενικότερα, έχει μια θετική επίδραση στους καταναλωτές (European Environment Agency, 1998).

Οικονομικά οφέλη

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής εξετάζοντας και αξιολογώντας τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, μπορεί και εντοπίζει την κύρια πηγή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και βοηθάει στην αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων που χρησιμοποιούνται και στην ελάττωση των απαιτούμενων εισροών και των αποβλήτων που παράγονται και εν τέλει, στη μείωση του κόστους παραγωγής του προϊόντος ή της υπηρεσίας (Environmental Protection Agency, 2006).

Παροχή περιβαλλοντικής πληροφόρησης

Όταν σε μια επιχείρηση πραγματοποιείται η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής, τότε είναι δυνατόν να αποκτήσει μια πηγή δεδομένων για τις συνέπειες που έχουν τα προϊόντα

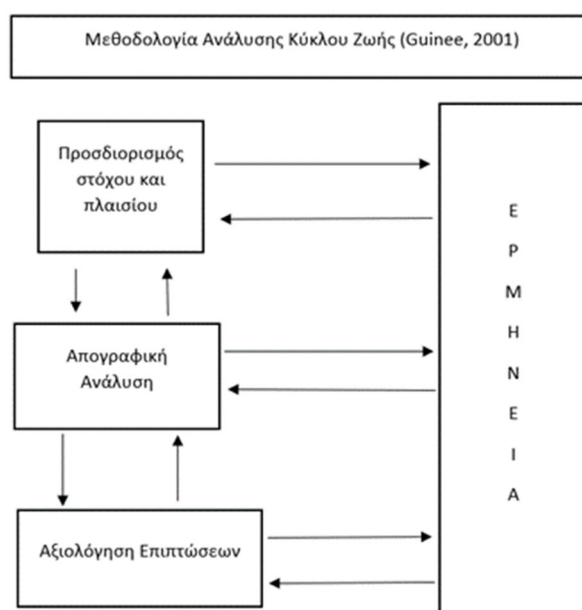
που παράγει στο περιβάλλον και έτσι, παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στα ενδιαφερόμενα μέρη (Andersson, 1998).

2.2.2. Τα μειονεκτήματα από την εφαρμογή της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας συνιστά ένα αξιολογικό ερευνητικό εργαλείο, όμως παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα κατά την υλοποίησή της. Ορισμένα εξ αυτών παρατίθενται στη παρούσα υποενότητα (Kozak, 2003):

- Λόγω του ότι η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, απαιτείται μεγάλος όγκος δεδομένων. Το μειονέκτημα στη προκειμένη περίπτωση αφορά την δυσκολία στη συγκέντρωση των στοιχείων.
- Υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στους πόρους και στον χρόνο, με συνέπεια να δυσκολεύουν την εκπόνηση μια ολοκληρωμένης μελέτης και την πληρότητα και την περιεκτικότητα της υπό εξέταση αξιολόγησης.
- Τα δεδομένα μεταβάλλονται ανάλογα την τοποθεσία.
- Είναι απαραίτητο να γίνονται κατάλληλες παραδοχές.
- Οι επιλογές και οι υποθέσεις που γίνονται στην Ανάλυση του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας είναι φύσει υποκειμενικού χαρακτήρα.

2.3. Στάδια της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής



Εικόνα 16: Τα στάδια της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής κατά το ISO 14040: 2006

Μία μελέτη της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσία στηρίζεται κατά κύριο λόγο στο πρότυπο ISO 14040: 2006. Η οικεία μελέτη διαρθρώνεται σε τέσσερα στάδια (Koroneos, et. al., 2005). Τα στάδια αυτά είναι:

- **Πρώτο στάδιο:** Καθορισμός του σκοπού και του αντικειμένου που πραγματεύεται η μελέτη.
- **Δεύτερο στάδιο:** Απογραφική ανάλυση του κύκλου ζωής.
- **Τρίτο στάδιο:** Αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής.
- **Τέταρτο στάδιο:** Ερμηνεία του κύκλου ζωής.

2.3.1. Ανάλυση των σταδίων της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής

2.3.1.1. Πρώτο στάδιο: Ορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει το ίδιο το προϊόν, την διαδικασία ή την δραστηριότητα, το αντικείμενο της εφαρμογής, τους λόγους που οδήγησαν στην εκπόνηση της μελέτης και το κοινό στο οποίο απευθύνεται. Συνάμα, ορίζεται και το περιβάλλον εντός του οποίου πραγματοποιείται η αξιολόγηση και προσδιορίζονται τα όρια και οι περιβαλλοντικές συνέπειες που χρήζουν αξιολόγησης. Από το πρώτο στάδιο εξαρτώνται η χρονική έκταση της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής, το ανθρώπινο δυναμικό και οι οικονομικοί πόροι. Είναι λογικό το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής να περιλαμβάνει απλοποιήσεις και παραδοχές και γι' αυτό είναι σημαντικό ο εκάστοτε χρήστης να μεριμνήσει ώστε οι εν λόγω απλοποιήσεις και παραδοχές να μην αλλοιώσουν το τελικό αποτέλεσμα (Αβραμίδης, 2003).

Τα πιο ουσιώδη ζητήματα που σχετίζονται με τον σκοπό και το αντικείμενο μελέτης της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής κατά το ISO 14044: 2006 είναι τα παρακάτω (Rebitzer et. al., 2004):

- Η ακριβής οριοθέτηση του σκοπού για τον οποίο εκπονείται η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής.
- Το αντικείμενο που πραγματεύεται η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής.
- Ο καθορισμός της λειτουργίας και της λειτουργικής μονάδας.
- Ο καθορισμός και η περιγραφή των ορίων του συστήματος. Τα όρια του συστήματος καθορίζονται από τους ακόλουθους παράγοντες (Crawley, et. al., 1990): η προσδοκώμενη εφαρμογή της μελέτης, οι παραδοχές που έχουν γίνει, τα κριτήρια αποκλεισμού, οι περιορισμοί των δεδομένων και του κόστους και το κοινό για το οποίο προορίζεται η μελέτη της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής.

- Οι υποθέσεις, οι περιορισμοί και οι απαιτήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ερμηνεία που έπεται. Σύμφωνα με το ISO 14040: 2006, οι παράγοντες που πρέπει να συνυπολογίζονται μαζί με τις απαιτήσεις της ποιότητας των δεδομένων είναι: η χρονική, γεωγραφική και τεχνολογική κάλυψη, η ακρίβεια και η αντιπροσωπευτικότητα των δεδομένων, η συνέπεια και η επαναληψιμότητα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δεδομένων, το σφάλμα και τα κενά δεδομένων, η αβεβαιότητα των πληροφοριών και ο καθορισμός των ορίων σχετικά με την πληρότητα των δεδομένων.
- Το κοινό στο οποίο θα δημοσιευθούν τα αποτελέσματα της έρευνας.
- Ο τύπος και η μορφή που θα έχει η έκθεση για τη μελέτη.

2.3.1.2. Δεύτερο στάδιο: Απογραφική Ανάλυση του Κύκλου Ζωής

Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την ενέργεια και τις πρώτες ύλες, τις ατμοσφαιρικές και αέριες εκπομπές, τα στερεά και υγρά απόβλητα που παράγονται καθόλη την διάρκεια ζωής του προϊόντος (Αναγνώστου, κ.α., 2007). Η απογραφική ανάλυση του κύκλου ζωής είναι το πιο σημαντικό τμήμα της υπό εξέταση ανάλυσης και απαιτεί αρκετό χρόνο. Στο εν λόγω στάδιο, καταγράφονται οι εισροές και οι εκροές του συστήματος με την συμβολή διαγραμμάτων. Συγκεκριμένα, καταγράφονται η κατανάλωση της ενέργειας και των πρώτων υλών, οι εκπεμπόμενοι ρύποι που απελευθερώνονται προς το περιβάλλον και που παράγονται σε κάθε στάδιο ζωής του προϊόντος (Rebitzer, et. al., 2004). Σε μια απογραφική ανάλυση πρέπει να περιλαμβάνονται οι ακόλουθες εισροές (Αναγνώστου, κ.α., 2007):

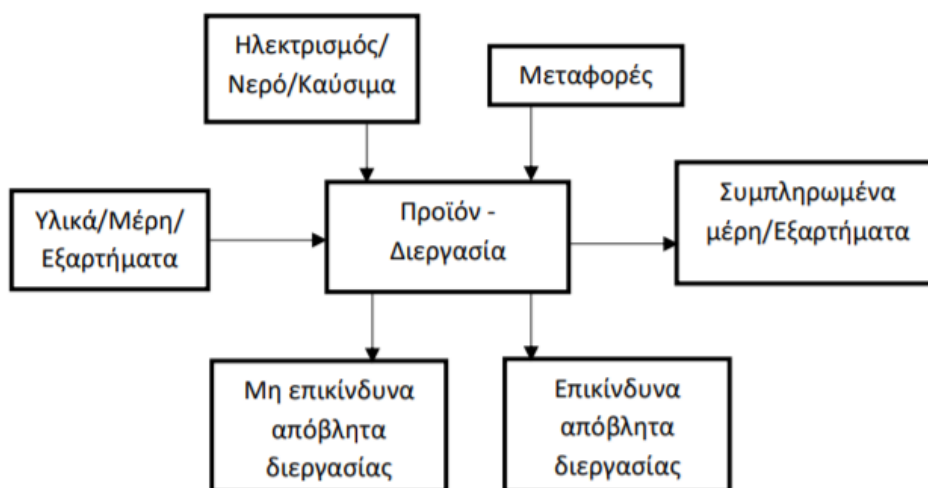
- Νερό
- Αέριες εκπομπές
- Υγρά απόβλητα
- Στερεά απόβλητα
- Προϊόντα

Στην απογραφική Ανάλυση του Κύκλου Ζωής πρέπει να εξετάζονται:

- Η αναλυτική περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας (Williams, 2009).
- Τα διαγράμματα ροής μάζας και ενέργειας. Στα διαγράμματα αυτά απεικονίζεται το σύνολο των διεργασιών που σχετίζονται με τις ροές υλικών

και ενέργειας και δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στις περιβαλλοντικές συνέπειες (Δαμαλίδης, 2008).

- Περιγραφή του καταλόγου κύκλου ζωής.
- Διαδικασίες συλλογής δεδομένων και υπολογισμών.



Εικόνα 17: Γενική Μονάδα Διεργασίας (Curran, 2006).

2.3.1.3. Τρίτο στάδιο: Αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής

Στο τρίτο στάδιο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής πραγματοποιείται η αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής. Στην φάση αυτή ταξινομούνται και χαρακτηρίζονται οι τύποι των περιβαλλοντικών συνεπειών και αξιολογούνται οι ενδεχόμενες συνέπειες που μπορεί να προκύψουν, είτε στο περιβάλλον, είτε στην υγεία των ανθρώπων από την παραγωγή ενός προϊόντος ή από την προσφορά μιας σημαντικής υπηρεσίας. Τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγει μια απογραφική ανάλυση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των αρνητικών συνεπειών και της ταξινόμησής τους σε μικρότερες κατηγορίες σύμφωνα με το είδος και τον βαθμός επίδρασής τους στο περιβάλλον (Heijungs, et. al., 1992). Η ανάλυση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής διακρίνεται στα παρακάτω τρία στάδια (Sonnemann, et. al., 2007):

- Ταξινόμηση των επιπτώσεων. Οι επιπτώσεις ταξινομούνται στην εξάντληση των φυσικών πόρων, στην ομαλή λειτουργία – υγεία συστήματος και στην ανθρώπινη υγεία (δες τον ακόλουθο πίνακα) (Μουσιόπουλος, κ.α., 1999).

Παραδείγματα ειδικών κατηγοριών επιπτώσεων	Φυσικοί πόροι	Ανθρώπινη υγεία	Ομαλή λειτουργία – Υγεία οικοσυστήματος
Εξάντληση φυσικών πόρων			
Εξάντληση μη βιοτικών πόρων	+	(+)	(+)
Εξάντληση βιοτικών πόρων	+	+	+
Μόλυνση			
Καταστροφή όζοντος		(+)	
Φαινόμενο θερμοκηπίου		(+)	+
Ανθρώπινη δηλητηρίαση			
Οικολογική δηλητηρίαση		+	+
Δημιουργία φωτοχημικού νέφους			
Οξίνιση		(+)	
Ευτροφισμός		+	
Υποβάθμιση τοπίου			
Χρήση εδάφους		+	

άμεση επίπτωση, (+) έμμεση επίπτωση

Εικόνα 18: Προτεινόμενος πίνακας ταξινόμησης των επιπτώσεων

- Χαρακτηρισμός
- Αξιολόγηση συμβολής του εκάστοτε παράγοντα στην κάθε περιβαλλοντική συνέπεια.

2.3.1.4. Τέταρτο στάδιο: Ερμηνεία του Κύκλου Ζωής

Το τελευταίο στάδιο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής είναι η ερμηνεία. Το στάδιο της ερμηνείας διακρίνεται στα ακόλουθα τρία κύρια σημεία (Μπεσέρης, 2008):

- Στην αναγνώριση των σημαντικών πληροφοριών.
- Στην αξιολόγηση της μελέτης, όσων αφορά την πληρότητα και την συνέπειά της.
- Στα συμπεράσματα, στις υποδείξεις, στις συστάσεις και στη λήψη αποφάσεων.
- Τα αποτελέσματα που εξάγονται από την ερμηνεία του κύκλου ζωής συμβάλλουν στο να πραγματοποιηθούν από τα άτομα που διεξάγουν την ανάλυση, οι αναγκαίες διορθώσεις, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και στους ανθρώπους (Pennigton, 2004). Τα αποτελέσματα αυτά καταγράφονται σε μια έκθεση, η οποία δημοσιεύεται και δομείται ως εξής (ISO 14040: 2006, 2006):

- Γενικά ζητήματα
- Ορισμός του αντικειμένου και του στόχου της μελέτης
- Απογραφική ανάλυση του κύκλου ζωής
- Αξιολόγηση – Επιθεώρηση των συνεπειών του κύκλου ζωής
- Ερμηνεία του κύκλου ζωής
- Κριτική ανασκόπηση του κύκλου ζωής
- Παράρτημα

2.3.2. Κριτική ανασκόπηση

Μια κριτική ανασκόπηση μπορεί να διεξαχθεί (Μεγαλόφωνος, 2001):

- Εσωτερικά ή εξωτερικά από έναν ειδικευμένο επιθεωρητή ανεξάρτητο από την ομάδα που διεκπεραίωσε την ομάδα της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής.
- Εξωτερικά από διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς.

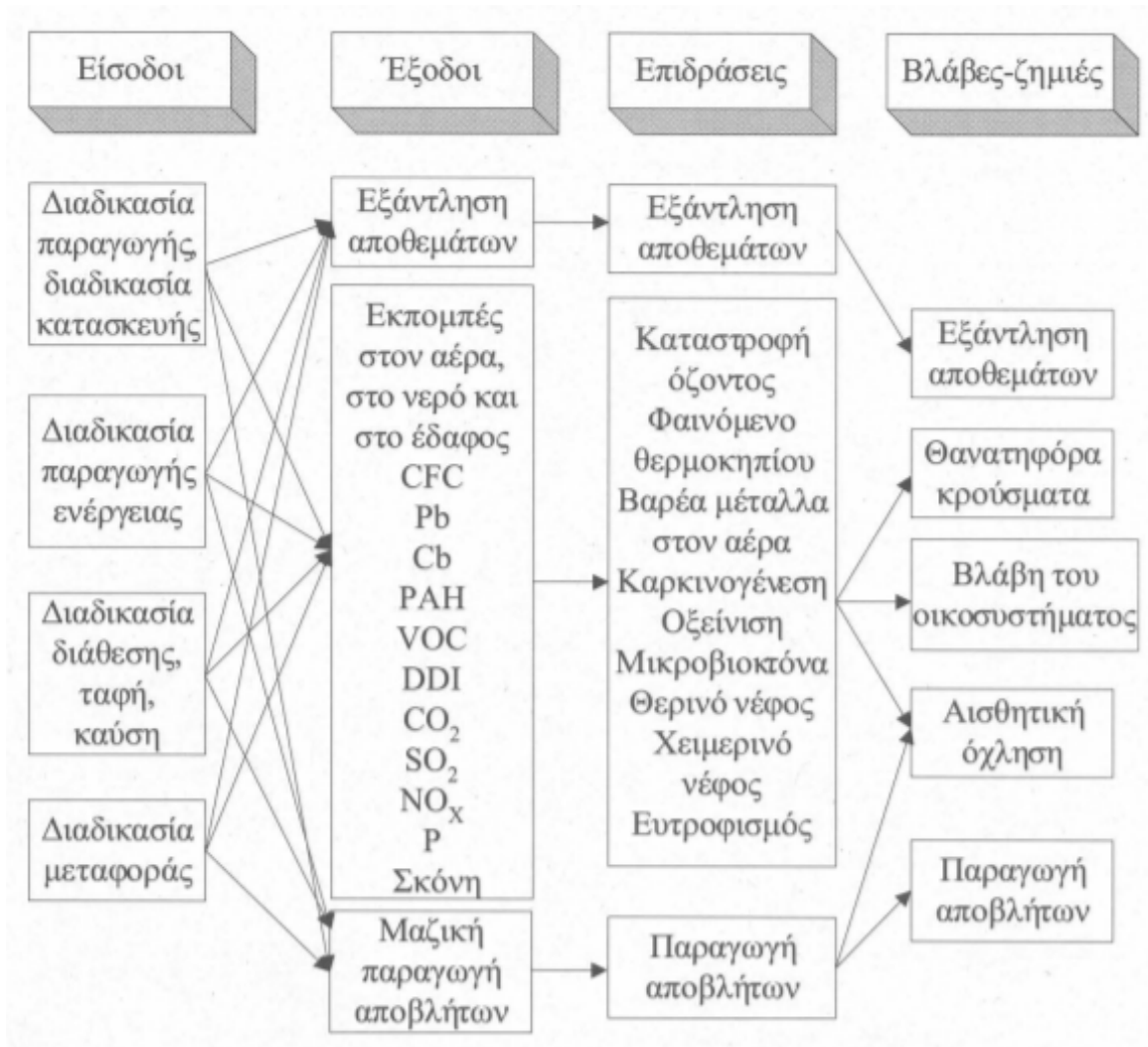
Η κριτική ανασκόπηση πραγματοποιείται προκειμένου να ελεγχθούν οι ακόλουθοι στόχοι (ISO 14040: 2006, 2006):

- Εάν οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά την μελέτη της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής συμφωνούν με το πρότυπο ISO 14040: 2006.
- Εάν οι μέθοδοι ήταν έγκυροι, τόσο σε επιστημονικό επίπεδο, όσο και σε τεχνικό.
- Εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν συνάδουν με τον στόχο της μελέτης και εάν είναι έλλογα.
- Εάν οι ερμηνείες που έχουν δοθεί αντιπροσωπεύουν τους καθορισμένους περιορισμούς και τον στόχο της μελέτης.
- Εάν η έκθεση μελέτης είναι συνεπής και διαφανής.

Ορισμένες από τις αποκλίσεις που πιθανόν να εντοπιστούν κατά την κριτική ανασκόπηση είναι (Βλάχου, 2006):

- Εάν έχει παραλειφθεί κάποιο από τα στάδια του κύκλου ζωής.
- Ο πιθανός εστιασμός σε ένα συγκεκριμένο τύπο περιβαλλοντικών συνεπειών.
- Εάν έχει γίνει περιορισμένη ανάλυση των απογραφικών κατηγοριών.
- Εάν στη μελέτη έχουν παραλειφθεί ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Εάν έχουν χρησιμοποιηθεί ποιοτικά δεδομένα και πληροφορίες.

- Εάν έχουν χρησιμοποιηθεί δεδομένα από άλλες μελέτες που έχουν εκπονηθεί, χωρίς να έχει ελεγχθεί ο βαθμός ισχύς τους.
- Η ενδεχόμενη εφαρμογή περιοριστικών κριτηρίων για τον τερματισμό της ανάλυσης.



Εικόνα 19: Παράδειγμα σχηματικής απεικόνισης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μουσιόπουλος, 1999)

2.4. Διαδικασίες ανακύκλωσης

Μια αποδοτική διαδικασία ανακύκλωσης εξαρτάται από την ανάπτυξη του διαχωρισμού απορριμμάτων και της συλλογικής μεθόδου, από την ανακάλυψη ή μη των οικονομικότερων μεθόδων ανακύκλωσης, από την εύρεση και την ανάπτυξη αγορών ικανών, τέτοιων που να μπορούν να απορροφήσουν τα τελικά προϊόντα και από τον έλεγχο της ποιότητας των ανακυκλωμένων υλικών βάση προτύπων. Οι κατηγορίες των πλαστικών απορριμμάτων που οδηγούνται στην ανακύκλωση είναι τα είδη πλαστικών μη αναμειγμένων με άλλα υλικά, που είναι δυνατόν να επανέλθουν

στην αρχική τους μορφή μέσω της παραγωγικής διαδικασίας από την οποία προήλθαν, απορρίμματα πλαστικών μειγμάτων που γνωρίζουμε τα υλικά της σύστασής τους, χωρίς πλαστικές προσμίξεις και τα οικιακά απορρίμματα τα οποία δεν εμπεριέχουν πλαστικές προσμίξεις (Θεοδοσούλη, 2011). Σύμφωνα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται στις διεργασίες ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες (Θεοδοσούλη, 2011):

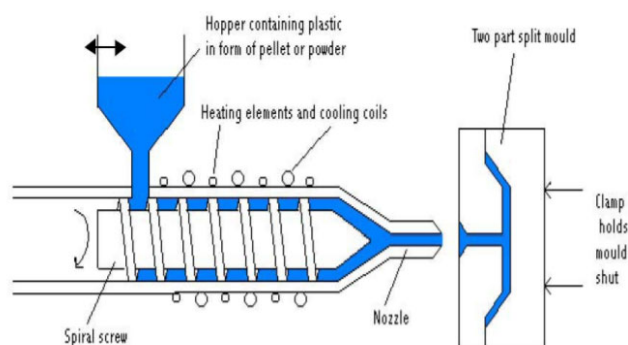
- Την πρωτογενή ανακύκλωση
- Την δευτερογενή ανακύκλωση
- Την τριτογενή ανακύκλωση
- Την τεταρτογενή ανακύκλωση



2.4.1. Πρωτογενής ανακύκλωση

Η πρωτογενής ανακύκλωση ορίζεται ως εξής (Θεοδοσούλη, 2011: 31) η «Πρωτογενής, ή εσωτερική ή ανακύκλωση κλειστού βρόγχου είναι η ανατροφοδότηση του σκάρτου παραγωγής στις μονάδες, για την παραγωγή προϊόντων εφάμιλλων με τα υπόλοιπα υλικά.». Στη πρωτογενή ανακύκλωση εφαρμόζονται τριών ειδών διεργασίες (Θεοδοσούλη, 2011):

- Η μορφοποίηση με εξώθηση, η οποία ομογενοποιεί και πλαστικοποιεί την τροφοδοσία.
- Η μορφοποίηση με έγχυση
- Η μορφοποίηση με εμφύσηση



Εικόνα 20: Διαδικασία μορφοποίησης με εμφύσηση

2.4.2. Δευτερογενής ανακύκλωση

Η δευτερογενής ανακύκλωση ορίζεται ως «[...] η επεξεργασία απορριμμάτων που περιέχουν διάφορα πλαστικά σε τυχαίες συστάσεις προκειμένου να παραχθεί ένα προϊόν χαμηλότερης ποιότητας. Τα πλαστικά προς ανακύκλωση τα ξεχωρίζουμε σε δύο κατηγορίες: πλαστικά απορρίμματα νοικοκυριών, άλλα πλαστικά απορρίμματα.» (Θεοδοσούλη, 2011: 33). Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την δευτερογενή ανακύκλωση είναι: η συλλογή/ διαλογή στην πηγή, ο διαχωρισμός/ καθαρισμός, η κατεργασία και οι εφαρμογές/ αγορές (Θεοδοσούλη, 2011).

Η διαδικασία της συλλογής/ διαλογής στη πηγή πραγματοποιείται προκειμένου να περιοριστεί ο όγκος της συλλογής των απορριμμάτων που πρέπει να μεταφερθούν στους χώρους υγειονομικής ταφής, να περιοριστεί ο όγκος της κατόρυξης, να εξοικονομηθούν πολύτιμες πρώτες ύλες, να υπάρξει κάποιο κέρδος από την πώληση των υλικών που ανακυκλώνονται, να ικανοποιείται η περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών, σε ορισμένες περιπτώσεις να βελτιώνεται και το ισοζύγιο πληρωμών και τέλος, να δημιουργούνται και νέες θέσεις εργασίας. Εφαρμόζονται δύο κατηγορίες συλλογής. Η πρώτη είναι η ενημέρωση των καταναλωτών για τα πλαστικά αντικείμενα που διαχωρίζονται στα είδη τους ή απλώς διαχωρίζονται από τα άλλα απορρίμματα που ανακυκλώνονται και η δεύτερη είναι η κωδικοποίηση των διαφορετικών υλικών συσκευασίας, έπειτα από τη συλλογή από τον καταναλωτή σε χώρους ανάκτησης υλικών. Τα μέσα προσυλλογής είναι πλαστικοί σάκοι κωδικοποιημένοι με χρώματα και με προδιαγραφές, ατομικοί κάδοι, κυλιόμενοι μεγάλοι κάδοι και μεγάλα containers. Τα απορριμματοφόρα διακρίνονται στα οχήματα για την εκκένωση των κάδων, στα οχήματα πλευρικής φόρτωσης, στα οχήματα που λειτουργούν με ανυψωτικό γερανό και στα οχήματα εμπρόσθιας φόρτωσης (Θεοδοσούλη, 2011).

2.4.3. Τριτογενής ανακύκλωση

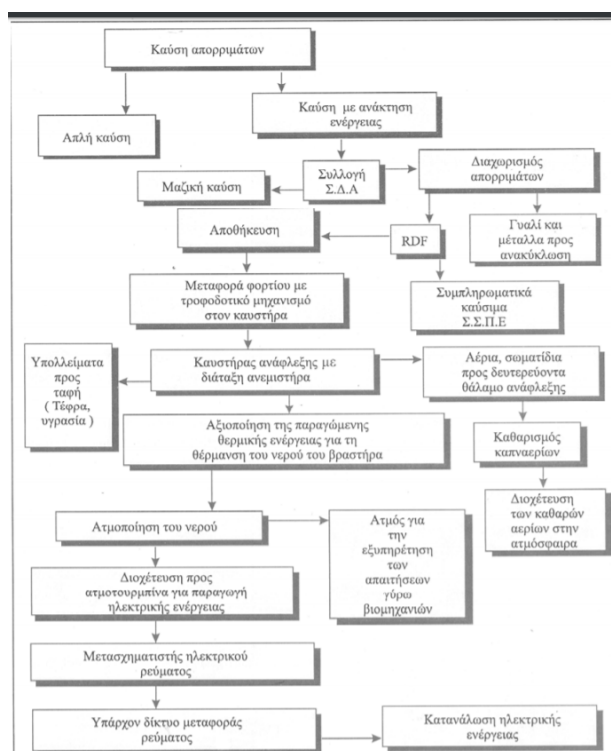
Η τριτογενής ανακύκλωση είναι «[...] η επεξεργασία του πολυμερούς με κατάλληλα χημικά αντιδραστήρια ώστε να σπάσει το μακρομόριο στα μονομερή του. Τα μονομερή αυτά καθαρίζονται και αναπολυμερίζονται για να σχηματίσουν νέα μη υποβαθμισμένα πολυμερή, έτοιμα για μορφοποίηση σε νέα προϊόντα. [...]. Η παραγωγή νέων πολυμερών με αποπολυμερισμό και αναπολυμερισμό των μονομερών δεν γίνεται προς το παρόν σε ευρεία βιομηχανική κλίμακα γιατί δεν είναι οικονομική ακόμα, καθώς απαιτεί συνήθως μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Η πυρόλυση είναι μια άλλη μέθοδος για τη χημικό μετασχηματισμό των πολυμερών απορριμμάτων σε βιομηχανικά χρήσιμες χημικές ουσίες

ή καύσιμα υψηλής ποιότητας και αξίας. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τη θέρμανση μέρους των απορριμμάτων χρησιμοποιώντας την καύση των υπολοίπων ως πηγή ενέργειας. Η τριτογενής ανακύκλωση περιλαμβάνει δύο κατηγορίες διεργασιών με βάση το είδος του πολυμερούς που ανακυκλώνεται: τη Χημική ανακύκλωση και τη Θερμική ανακύκλωση.» (Θεοδοσούλη, 2011: 57 - 58).

2.4.4. Τεταρτογενής ανακύκλωση

Η τεταρτογενής ανακύκλωση συνιστά την αξιοποίηση των πλαστικών απορριμμάτων ως πηγή ενέργειας. Κατά την τεταρτογενή ανακύκλωση τα οικιακά πλαστικά απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μίγμα καυσίμων, μη καυσίμων υλικών και υγρασίας. Προκειμένου να είναι οικονομικά συμφέρουσα η καύση των απορριμμάτων θα πρέπει η υγρασία τους να είναι μικρότερη του 50 %, τα καύσιμα υλικά που εμπεριέχουν περισσότερα από 25 % και τα μη καύσιμα υλικά τους λιγότερο από 60 % (Θεοδοσούλη, 2011). Η πλαστική καύσιμη ύλη θα πρέπει επίσης να πληροί τις ακόλουθες προδιαγραφές (Θεοδοσούλη, 2011: 61):

- Περικτικότητα σε στάχτη, υγρασία, θείο, χλώριο και βαρέα μέταλλα.
- Θερμική αξία
- Μέγεθος πελλετών



Εικόνα 21: Τεχνολογία τεταρτογενούς ανακύκλωσης πλαστικών και άλλων απορριμμάτων (ανάκτηση ενέργειας)

2.5. Βιοαποικοδόμηση πλαστικών αποβλήτων

Εφόσον καταναλωθεί ένα προϊόν, η συσκευασία που το περιβάλλει θα πρέπει με κάποιον τρόπο να διατεθεί είτε με ταφή, είτε με καύση, είτε με ανακύκλωση. Η αποικοδόμηση των πλαστικών αποβλήτων πραγματοποιείται όταν εκτίθενται σε μέσα που βοηθούν την διάσπασή τους (<http://users.uoi.gr/>). Η βιοαποικοδόμηση ορίζεται ως «[...] η διεργασία που περιλαμβάνει σχάση δεσμών ενός μακρομορίου με αποτέλεσμα την μείωση της μοριακής μάζας και την αλλαγή φυσικών, χημικών κ.λπ. ιδιοτήτων του.» (<http://users.uoi.gr/>).

Τα πιο εύκολα αποικοδομήσιμα υλικά είναι το χαρτί και το σελλοφάν, διότι αποικοδομούνται πολύ εύκολα κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Τα χάρτινα κουτάκια συντίθεται από 90 % χαρτόνι και από 10 % πολυαιθυλένιο και αποσυντίθενται σε λιγότερο από έναν χρόνο, όταν αποθέτονται σε αρκετά υγρά εδάφη. Το αλουμίνιο αποικοδομείται μετά από 100 με 200 έτη, τα πλαστικά αποικοδομούνται μετά από 450 χρόνια και το γυαλί δεν είναι δυνατόν να αποικοδομηθεί. Ο ρυθμός της αποικοδόμησης των υλικών καθορίζεται από τη φύση του υλικού και από τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον, όπως είναι το οξυγόνο, η υγρασία, το pH, η σύσταση των απορριμμάτων, ο τύπος των μικροοργανισμών, το είδος της ταφής, το υλικό της επικάλυψης, η τοπογραφία της περιοχής το βάθος της χωματερής και η πυκνότητα και το μέγεθος των πλαστικών αποβλήτων (<http://users.uoi.gr/>).

Το αλουμίνιο και τα πλαστικά απόβλητα χαρακτηρίζονται από χαμηλούς βαθμούς αποικοδόμησης και από μειωμένο βαθμό συμβατότητας με το περιβάλλον. Τα πλαστικά απόβλητα που συγκεντρώνουν τις περισσότερες επικρίσεις είναι οι πλαστικές φιάλες, τα πλαστικά δοχεία και τα είδη εύκαμπτης συσκευασίας, όπως οι σακούλες και τα φιλμς, για τους ακόλουθους λόγους (<http://users.uoi.gr/>):

- Τους πολύ χαμηλούς βαθμούς αποικοδόμησης.
- Το χαμηλό τους βάρος
- Τον μεγάλο τους όγκο
- Την ανησυχία σχετικά με την συμπεριφορά των χλωριωμένων παραγώγων κατά την καύση.
- Η υπεριώδης ακτινοβολία συμβάλλει στην αποικοδόμηση.

Οι πιο σημαντικές μορφές αποικοδόμησης είναι η φωτοαποικοδόμηση, η βιολογική αποικοδόμηση και η χημική αποικοδόμηση. Στη φωτοαποικοδόμηση γίνονται φυσικές

και χημικές αλλοιώσεις με την επίδραση που ασκεί η υπεριώδης ή ορατή ακτινοβολία. Ένα πολυμερές μπορεί να καταστεί φωτοαποικοδομήσιμο με τους ακόλουθους δύο τρόπους (<http://users.uoi.gr/>):

- Εισαγωγή στο μόριο του πολυμερούς φωτοευαίσθητων ομάδων, κατά προτίμηση στην κύρια αλυσίδα του πολυμερούς.
- Ανάμιξη του πολυμερούς με πρόσθετα τα οποία αρχίζουν την αποικοδόμηση.

Η βιοαποικοδόμηση πραγματοποιείται με την δράση διαφόρων μικροοργανισμών και εντόμων. Συγκεκριμένα, οι μικροοργανισμοί εκκρίνουν ένζυμα τα οποία αντιδρούν εύκολα με τα φυσικά πολυμερή, δύσκολα όμως με τα συνθετικά πολυμερή. Εξαιτίας της υδρόφοβης επιφάνειάς τους πολλά πλαστικά εμποδίζουν την δραστηριότητα των ενζύμων. Ορισμένοι τρόποι κατασκευής βιοαποικοδόμησης πλαστικών είναι η προσθήκη τυποποιημένου αμύλου σε PE, PS, PP, ο συμπολυμερισμός και η προσθήκη αμύλου, η τροποποίηση των φυσικών πολυμερών για παραγωγή συμπολυμερών, η χρήση βιοτεχνολογικών μεθόδων και η παρασκευή πολυμερών επιδεκτικών υδρόλυσης (<http://users.uoi.gr/>).

Η χημική αποικοδόμηση είναι απόρροια της δράσης χημικών ουσιών, όπως είναι τα οξέα, οι βάσεις, οι διαλύτες και τα δραστικά αέρια. Η χημική αποικοδόμηση είναι επιτεύξιμη τα διαλυτά στο νερό και στα αλκαλικά διαλύματα πολυμερή. Οι μηχανισμοί της χημικής αποικοδόμησης χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό με την φωτοαποικοδόμηση ή την βιοαποικοδόμηση (<http://users.uoi.gr/>).



Κεφάλαιο 3^ο: Παραδείγματα εφαρμογών

3.1. Μετατροπή πλαστικών αποβλήτων σε πετρέλαιο και άλλα καύσιμα

Η μετατροπή των πλαστικών αποβλήτων σε πετρέλαιο και σε άλλα καύσιμα είναι κατά κοινή ομολογία ένα από τα πιο δυσκολότερα εγχειρήματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Η καταλυτική μετατροπή είναι ο πιο γνωστός τρόπος παραγωγής καυσίμου από τα πλαστικά. Εξίσου διαδεδομένη μέθοδος είναι και αυτή της θερμοχημικής επεξεργασίας. Η θερμοχημική επεξεργασία πραγματοποιείται κυρίως στα διαλείμματα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες πολυμερών και μετατρέπονται μέσω αυτής σε υδρογονάνθρακες. Οι υδρογονάνθρακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως βενζίνη για κινητήρες, είτε ως ντίζελ. Η απόδοση του παραγόμενου προϊόντος καθορίζεται από τον τύπο του πολυμερούς, την θερμοκρασία αποικοδόμησης και την ατμόσφαιρα (Kunwar, et. al., 2016).

Ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι έχει βρεθεί ότι επηρεάζουν την μετατροπή των πλαστικών αποβλήτων σε καύσιμο ποιότητας είναι η σύνθεση της τροφής, ο τύπος του καταλύτη, το μέγεθος των σωματιδίων, ο καταλύτης φόρτωσης και η αναλογία πολυμερούς προς καταλύτη (Kunwar, et. al., 2016).

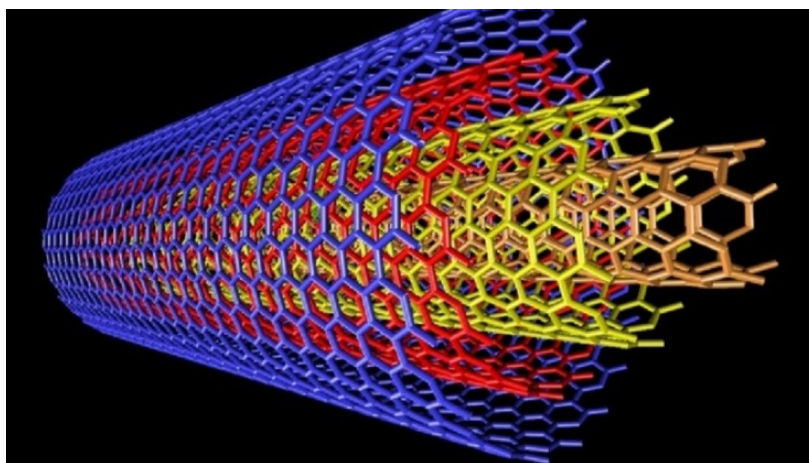
Σύμφωνα με μια μελέτη που δημοσιεύτηκε πρόσφατα από το Κέντρο Γεωμηχανικής της Σχολής Μηχανικών Γκρόουβ του City College της Νέας Υόρκης αποδεικνύει τον παραπάνω ισχυρισμό, ότι δηλαδή τα πλαστικά απόβλητα είναι εφικτό να μετατραπούν σε ποιοτικά και σε αποτελεσματικά χρήσιμα καύσιμα και ενέργεια, και γι' αυτό δεν πρέπει να απορρίπτονται στους χώρους υγειονομικής ταφής ή να μολύνουν τις θάλασσες. Ειδικότερα, οι ερευνητές που διεκπεραίωσαν την έρευνα αυτή κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη μη ανακυκλωμένων πλαστικών σε μια διαδικασία χημικής ανακύκλωσης (αεριοποίηση) έχει ως συνέπεια την παραγωγή καυσίμου με βάση το αργό πετρέλαιο. Η εν λόγω διαδικασία συμβάλλει επίσης στη μείωση της ρύπανσης από τα πλαστικά και από τις εκπομπές. Η αεριοποίηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία χρησιμοποιείται αέρας ή ατμός, για να θερμανθούν τα πλαστικά απόβλητα. Αυτό έχει ως συνέπεια την παραγωγή βιομηχανικών αερίων που καλούνται «συνθετικά αέρια». Αυτά τα αέρια μπορούν να μετατραπούν είτε σε ντίζελ, είτε σε βενζίνη, είτε να καούν για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Είναι ένας ιδανικός τρόπος ανάπτυξης της κυκλικής οικονομίας των πλαστικών, καθώς παράγονται πολύ χαμηλά

επίπεδα εκπομπών θείου και οξειδίων του αζώτου και δεν σπαταλάται χρήσιμη ενέργεια, όπως συμβαίνει στη διεργασία της καύσης (<https://m.naftemporiki.gr>).

Τα πλαστικά απόβλητα προέρχονται από αργό πετρέλαιο και επομένως είναι λογικό να εμπεριέχουν μια σημαντική ποσότητα λανθάνουσας ενέργειας, που εάν της γίνει η σωστή επεξεργασία μπορεί να αξιοποιηθεί. Ο επικεφαλής της έρευνας επισήμανε ότι η εν λόγω «[...] μελέτη καταδεικνύει ότι επειδή τα πλαστικά περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο, έχουν υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο, και υπάρχει τεράστια δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες όπως η αεριοποίηση για να μετατραπούν αυτά τα υλικά σε καύσιμα, χημικά και άλλα προϊόντα.» (<https://m.naftemporiki.gr>).

3.2. Ανακύκλωση πλαστικών αποβλήτων για την δημιουργία νανοσωλήνων άνθρακα

Οι νανοσωλήνες άνθρακα έχουν αποτελέσει το κύριο αντικείμενο μελέτης για πάνω από είκοσι χρόνια. Συνοπτικά, οι ιδιότητες των οικείο σωλήνων είναι ημιαγώγιμη ή μεταλλική συμπεριφορά εκατό φορές πιο αγώγιμη από ότι ο χαλκός, πολύ υψηλή τάνυση, εκατό φορές πιο υψηλή από το ατσάλι, υψηλή θερμική σταθερότητα και θερμική αγωγιμότητα, είναι χημικά αδρανείς, παρόλο που μοιάζουν με χημικές/βιολογικές ομάδες και αποτελούν ένα ιδανικό μονοδιάστατο σύστημα με ανισοτροπικές ιδιότητες, με εξαιρετικά υψηλό λόγο πλευρών (Zhuo & Levendis, 2013).



Εικόνα 22: Νανοσωλήνας άνθρακα

Η δημιουργία των νανοσωλήνων πραγματοποιείται υπό την παρουσία των κάτωθι συγκεκριμένων συνθηκών: παρουσία ανθρακώδους πρώτης ύλης, ζέστης και καταλύτες. Οι βασικές μέθοδοι κατασκευής είναι (Zhuo & Levendis, 2013):

- Το βολταϊκό τόξο: Ορισμένες παραλλαγές της μεθόδου αυτής είναι: ο εμπλουτισμός του μετάλλου, οι διαφορετικοί σχηματισμοί ηλεκτροδίων ή διαφορετικές πηγές άνθρακα.
- Laser ablation
- Χημική εναπόθεση ατμών
- Σύνθεση με καύση

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες για μαζική παραγωγή νανοσωλήνων άνθρακα χρειάζονται την συστηματική καύση βασικών πρώτων υλών, όπως είναι το μεθάνιο, το αιθυλένιο, το μονοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο και άρα, η χρήση των πλαστικών αποβλήτων ως πρώτη ύλη για την παραγωγή τους συμβάλλει στην ελάττωση του κόστους παραγωγής και συνάμα, στην επιτάχυνση της καταναλωτικής και βιομηχανικής τους χρήσης (Zhuo & Levendis, 2013).

Η one – pot σύνθεση των νανοσωλήνων ξεκινάει με τα στερεά πολυμερή που ανακατεύονται με καταλύτες. Μια πηγή θερμότητας εφαρμόζεται στην καταλυτική αποσύνθεση του πλαστικού. Τα προϊόντα που έχουν αποσυντεθεί λειτουργούν ως να είναι πόροι άνθρακα για την παραγωγή νανοσωλήνων. Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής έχουν μελετηθεί διάφορα πολυμερή. Η σύνθεση one – pot απαρτίζεται από την ταυτόχρονη αποσύνθεση του πλαστικού και της δημιουργία της σύνθεσης του νανοσωλήνα, ενώ έχουν γίνει και προσπάθειες για να ανακαλυφθεί πως πραγματοποιείται αυτό. Ο ρόλος του ενεργού άνθρακα στη διαδικασία παραγωγής των νανοσωλήνων είναι ότι απορροφά και ενεργοποιείται από τις ρίζες όταν αποσυντίθεται το πλαστικό, προωθεί την δημιουργία των ελαφρών υδρογονανθράκων και είναι καταλύτης για την από – υδρογονοποίηση (Zhuo & Levendis, 2013).

Όταν διαφοροποιούνται οι συνθήκες αντίδρασης, διαφοροποιείται και η ποιότητα και η ποσότητα των παραγόμενων νανοσωλήνων άνθρακα. Στην βιβλιογραφία συναντώνται τρεις διαφορετικές πρακτικές για την απόδοση της παραγωγής: το ποσοστό μαζικής παραγωγής νανοσωλήνων άνθρακα, η μάζα του νανοσωλήνα άνθρακα προς τη μάζα που έχει ο καταλύτης και η μάζα του νανοσωλήνα άνθρακα προς τη μάζα της πρώτης ύλης. Ο πιο διαδεδομένος ορισμός είναι ο τρίτος. Για αυτόν τον λόγο τα δεδομένα που συλλέγονται από τις διαφορετικές διαδικασίες δεν είναι δυνατόν να συγκριθούν άμεσα. Ο βαθμός της απόδοσης καθορίζεται από τις συνθήκες που επικρατούν. Υψηλή απόδοση παρατηρείται μόνο όταν τα πλαστικά και οι

καταλύτες ανακατεύονται εντός ενός κλειστού δοχείου, λ.χ. σε μια κάμινο. Οι ακαθαρσίες που προκύπτουν από τις προαναφερθείσες διαδικασίες είναι συνήθως ιζήματα καταλύτη και άμορφος άνθρακας. Προκειμένου να παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα η ποσότητα των ακαθαρσιών είναι αναγκαία να βελτιστοποιηθούν κάποιες παράμετροι, όπως είναι τα συστατικά και ο διασκορπισμός του καταλύτη και η θερμοκρασία της αντίδρασης, σε μια προσπάθεια οι καταλύτες να παραμείνουν ανενεργοί και να παραχθούν νανοσωλήνες άνθρακα με όσο το δυνατόν καλύτερη ποιότητα και λιγότερα ελαττώματα (Zhuo & Levendis, 2013).

Η σταδιακή διαδικασία μετατροπής πραγματοποιείται μέσω συνεχών αντιδράσεων, που ως επί το πλείστον εκκινούνται με την θερμική αποσύνθεση των πλαστικών αποβλήτων. Στη συνέχεια, τα αέρια που έχουν παραχθεί διοχετεύονται καθοδικά, όπου πραγματοποιούνται αντιδράσεις με καταλύτες, προκειμένου να δημιουργηθούν οι νανοσωλήνες άνθρακα. Αυτή ήταν και η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των πλαστικών αποβλήτων στο προαναφερθέν υλικό. Από τότε έχουν σημειωθεί σπουδαία βήματα προόδου και έχει εξελιχθεί η εν λόγω διαδικασία μετατροπής. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συνεισφορά των Yang, Liu και Wu στον κλάδο αυτόν. Το κύριο χαρακτηριστικό της βαθμιαίας διαδικασίας μετατροπής είναι ότι παρέχει την δυνατότητα να πραγματοποιούνται έλεγχοι σε όλες τις υπο – διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα. Εν συντομία, η πυρόλυση των πλαστικών μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς να υπάρξει ανάμειξη με την διαδικασία παραγωγής των νανοσωλήνων άνθρακα. Ένα ακόμη ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της εντοπίζεται στο σχέδιο του τμήματος venturi, το οποίο δίνει την δυνατότητα να εισαχθούν και πρόσθετα υλικά και να αναμειχθούν με τα αεριούχα αποσυνθεμένα προϊόντα, τα οποία εισέρχονται στη διαδικασία από το τμήμα αυτό. Εν συντομία, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχουν καταγραφεί για την διαδικασία αυτή είναι τα εξής (Zhuo & Levendis, 2013):

- Πυρολύει τα στερεά απόβλητα για να παραχθούν αέρια που φέρουν άνθρακα.
- Επιδέχεται έλεγχο στην αναλογία καύσιμο σε αέρα στο τμήμα venturi, σε αποκλειστικά πυρολυτικές συνθήκες, χωρίς οξυγόνο.
- Η πυρόλυση και η σύνθεση των νανοσωλήνων άνθρακα πραγματοποιούνται σε δυο διακριτές φάσεις που επιτρέπουν τον μεμονωμένο έλεγχο των συνθηκών σε κάθε επιμέρους διαδικασία.

- Το ρίσκο διαχείρισης αντιδραστικών και τοξικών αερίων εξαλείφεται, εφόσον παράγονται άμεσα εντός αδρανούς αερίου.
- Μέσω της διαδικασίας αυτής είναι δυνατόν να παραχθούν συν – αέρια εμπλουτισμένα με υδρογόνο.
- Η διαδικασία αυτή μπορεί να σχεδιαστεί με τέτοιον τρόπο, ούτωςώστε να είναι ενεργειακά αποδοτική.
- Με την παραγωγή πρώτων υλών από παραγόμενα πλαστικά απόβλητα αυξάνεται το κίνητρο των πολιτών για ανακύκλωση, ελαττώνεται το κόστος παραγωγής και υπερπηδούνται τα εμπόδια για ευρείας κλίμακας καταναλωτικές και βιομηχανικές εφαρμογές.

Οι μεγαλύτερες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά την παραγωγή νανοσωλήνων άνθρακα από παραγόμενα πλαστικά απόβλητα είναι η συστατικά ανομοιομορφία των πρώτων υλών, η πολυπλοκότητα της διαδικασίας της αναβαθμιστικής ανακύκλωσης και η περεταίρω κατανόηση των λεπτομερειών των μοτίβων αντίδρασης, έτσι ώστε να βοηθηθούν οι μηχανικοί για να παράγουν υψηλής ποιότητας νανοσωλήνες άνθρακα, οι οποίοι θα ανταποκρίνονται και στις απαιτήσεις της αγοράς (Zhuo & Levendis, 2013).

3.3. Βιοπλαστικά και 3D εκτύπωση

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι μια σχετικά πρόσφατη τεχνολογική εξέλιξη που χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται να μετατραπούν τα ψηφιακά αρχεία CAD σε τρισδιάστατα μοντέλα με φυσική υπόσταση. Λόγω των σημερινών οικολογικών προβλημάτων, η μεγαλύτερη πρόκληση είναι εάν μπορούν οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές να είναι συνάμα, φιλικό προς το περιβάλλον. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται από τους 3D εκτυπωτές είναι δυνατόν να κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμα υλικά, όπως είναι το πλαστικό, το μέταλλο και το γυαλί. Έτσι, δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον, για την παραγωγή πρώτων υλών 3D εκτύπωσης (Degnan, 2018).

Η χρήση ανακυκλωμένων υλικών είναι άμεσα συνδεδεμένη με πλήθος δυνατοτήτων, οι οποίες πολλαπλασιάζονται όταν τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση των οικείων εκτυπωτών (Despeisse et al., 2017). Οι παράμετροι που καθιστούν δύσκολη την απόκτηση ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή από τους απλούς πολίτες είναι το αυξημένο κόστος και η δυσκολία χειρισμού τους (Degnan, 2018). Πέρα από αυτές τις δύο παραμέτρους ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής χρειάζεται αρκετή

ενέργεια για να λειτουργήσει. Οι κατασκευαστές τους καταβάλλουν αρκετή προσπάθεια, ούτως ώστε τα επόμενα έτη να έχουν μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις. Εάν επιτευχθεί αυτό θα είναι πλέον προσιτοί προς τους πολίτες και πιο φιλικό προς το περιβάλλον (Degnan, 2018).

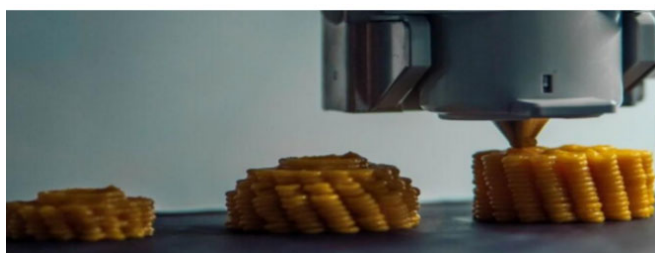
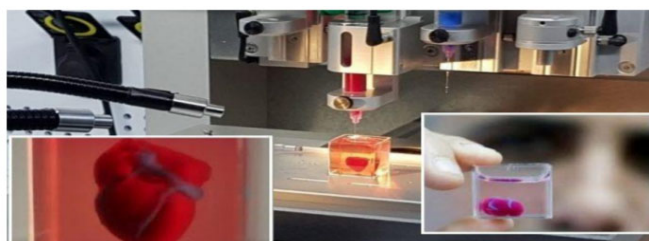
Το να καταφέρουν οι επιστήμονες να εξελίξουν τους τρισδιάστατους εκτυπωτές και συνάμα, να ελαττώσουν όσο το δυνατόν περισσότερο τις επιπτώσεις τους προς το περιβάλλον, είναι ένα στοίχημα που πρέπει να επιτευχθεί δεδομένου ότι διαθέτουν την τεχνογνωσία και την γνώση (Petersen and Pearce, 2017). Σταδιακά, θα ζούμε σε ένα περιβάλλον, όπου το σύνολο των υποδομών και των κατασκευών θα εκτυπώνονται και θα κατασκευάζονται από οικολογικά υλικά (Degnan, 2018). Αυτό που διαφοροποιεί την τρισδιάστατη εκτύπωση από τις άλλες μεθόδους εκτύπωσης είναι ότι η παραγωγική διαδικασία ενός αντικείμενου ξεκινά απευθείας από την ελεγχόμενη εκχύλιση του υλικού στο χώρο, δημιουργώντας το αντικείμενο και κάνοντας οικονομία σε χρόνο, χρήματα και υλικά (Degnan, 2018). Τα βιοπλαστικά σχηματίζονται με διάφορους τρόπους κατά τη διαδικασία της εκτύπωσης. Συγκεκριμένα, εφαρμόζονται οι τεχνικές της θερμοδιαμόρφωσης, της διαμόρφωσης εν κενώ και της διαμόρφωσης υπό πίεση (Workman and Ahu, 2011). Τα τελευταία χρόνια οι αστροναύτες έχουν κατορθώσει να ανακυκλώνουν τα πλαστικά τους απορρίμματα όταν βρίσκονται στο διάστημα και να τα χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη για να εκτυπώνουν σε τρισδιάστατους εκτυπωτές (Degnan, 2018).

Σύμφωνα με τα τελευταία ερευνητικά δεδομένα, μόνο το 10 % του πλαστικού ανακυκλώνεται. Το υπόλοιπο 90 % καταλήγει στο περιβάλλον. Αυτή η διαπίστωση αποτέλεσε το έναυσμα για την συνεργασία των εταιρειών Filamentive και Tridea. Αυτές οι δύο εταιρείες κατασκευής νημάτων 3D εκτύπωσης επικεντρώνονται στην αξιοποίηση των πλαστικών απορριμμάτων και στη μετατροπή τους σε πρώτη ύλη φιλική προς το περιβάλλον για τους τρισδιάστατους εκτυπωτές (Degnan, 2018).

Η εταιρεία Volno χρησιμοποιώντας τους τρισδιάστατους εκτυπωτές δημιούργησε πλακάκια και τα τοποθέτησε πάνω στο τείχος ενός λιμανιού. Γενικότερα, η εταιρεία αυτή είχε δεσμευθεί ότι έως το 2019 θα είχε καταργήσει οριστικά τα πλαστικά μιας χρήσης σε όλα τα γραφεία και τα εργοστάσιά της (Park and Kim, 2013). Ο στόχος της προσπάθειας αυτής ήταν η ανάκαμψη της βιοποικιλότητας στο λιμάνι του Σύδνεϋ. Το κάθε πλακάκι είναι εξάγωνο και ενσωματώνει την συνυφασμένη δομή των ριζών των

μακρόβιων δέντρων, καθώς και μια πιο πολύπλοκη υφή κάτω από αυτή για να μπορέσουν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί (Degnan, 2018).

Όσο αναπτύσσεται η τεχνολογία των τρισδιάστατων εκτυπωτών, τόσο διευρύνεται και ο κατάλογος των τομέων και των επιστημών που χρησιμοποιούνται. Έτσι, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή επίπλων, την κατασκευή κοσμημάτων, στην αρχιτεκτονική, στην αεροναυπηγική και στους διαστημικούς σταθμούς, στη μηχανολογία, στην ιατρική, στα καταναλωτικά αγαθά, στην αρχαιολογία, στην εκπαίδευση και στις τέχνες, στη μόδα, στη μαγειρική, στη ζαχαροπλαστική, στη στρατιωτική βιομηχανία και στο διάστημα. Ενδεικτικά παρατίθενται ορισμένες φωτογραφίες από την χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών στους προαναφερθέντες κλάδους.





Συμπέρασμα

Τα προβλήματα που προκύπτουν από την παραγωγή, την κατανάλωση και το τέλος του κύκλου ζωής των πλαστικών υλών, μέσα από την παρούσα εργασία αποδεικνύεται ότι είναι δυνατόν να μετατραπούν σε ευκαιρίες για την ανθρωπότητα και την ανταγωνιστικότητα της βιομηχανίας. Εάν τα εν λόγω προβλήματα αντιμετωπιστούν σύμφωνα με τις αρχές της αναβαθμιστικής ανακύκλωσης θα προωθηθεί η ανάπτυξη και η καινοτομία και θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας. Συνάμα, θα βοηθήσει στο να μεταβεί η ανθρωπότητα σε μια κυκλική οικονομία που θα είναι περιορισμένες οι εκπομπές των βλαβερών ουσιών και οι πολίτες θα ζουν σε ένα πιο υγιές περιβάλλον

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Andersson, I. (1998) *Environmental Management Tools for SMEs: A Handbook*. European Environment Agency, Copenhagen: Edited by Richard Starkey.
- Baumann, H. & A. Tillman. 2004. *The Hitch Hiker's Guide to LCA: An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund, Sweden: Studentlitteratur
- Cederberg, C. 2003. *Life Cycle Assessment of Animal Products*. In: *Environmentally friendly Food Processing*.
- Crawley D., Aho I., 1999. Building environmental assessment methods : applications and development trends, *Build Res Inf* 1999, 27, 300-308. Ανακτήθηκε στις 17 Μάιος, 2020 από https://www.researchgate.net/publication/261627774_Building_environmental_assessment_methods_Applications_and_development_trends
- Curran, M.A. (2006). *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*. Cincinnati-Ohio: National Risk Management Research Laboratory
- Degnan, M. (2018). *3d Printing Techniques and Process (Project Learning With 3D Printing)*. New York: Cavendish Square.
- Despeisse, M., Baumers, M., Brown, P., Charnely, F., Ford, S. J., Garmulewicz, A. et al. (2017). *Unlocking value for a circular economy through 3D printing: a research agenda*. Elsevier Editorial System for Technological Forecasting & Social Change.
- Environmental Protection Agency (2006), National Risk Management Research Laboratory Office OF Research and Development, Scientific Applications International Corporation (SAIC), *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*, Cincinnati, Ohio
- European Environment Agency (1998), *Environmental Management Tools for SMEs: A Handbook*, Edited by Richard Starkey, Project Manager: Ingvar Andersson, Copenhagen, March 1998.

- Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R.B.H., Christiansen, K., Klüppel, H.-J., The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *International journal of life cycle assessment*, volume 11 (2), 2006, pp.80-85.
- Heijungs R, Guinee JB, Huppes G, Lankreijer RM, Udo de Haes HA, Wegener Sleeswijk A, Ansems AMM, Eggels PG, van Duin R, de Goede HP (1992), *Environmental Life Cycle Assessment of Products*. Guide and Backgrounds. CML, Leiden University, Leiden. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/8061>
- Kathalewar Mukesh, Dhopatkar Nishad, Pacharane Bajirao, Sabnis Anagha, Raut Parag, Bhav Vijay, Chemical recycling of PET using neopentyl glycol: Reaction kinetics and preparation of polyurethane coatings, *Progress in Organic Coatings*, Volume 76, Issue 1, January 2013, Pages 147-156.
- Koroneos C., Roumbas G., Gabari Z., Papagiannidou E., and Moussiopoulos N., (2005), Life cycle assessment of beer production in Greece, *Journal of Cleaner Production*, Thessaloniki. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από http://www.seeds4green.org/sites/default/files/ACV_Greece_Beer.pdf
- Kozak, G., (2003), Printed Scholarly Books and E-book Reading Devices: A Comparative Life Cycle Assessment of Two Book Options, Appendix B: Textbook Paper Production, page 11 & 125, University of Michigan, Center of sustainable systems. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS03-04.pdf
- Kunwar, B., Cheng, H. N., Chandrashekar, S. R., & Sharma, B. K., Plastics to fuel: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 2016, 421-428. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.015>. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από <https://experts.illinois.edu/en/publications/plastics-to-fuel-a-review>
- Mila i Canals, (2003) *Contributions to LCA methodology for agricultural systems*, Barcelona: Universidad Autonomy de Barcelona.
- Park, J. H. and Kim, K. J. (2013). Optimal Design of Camber Link Component for Light Weight Automobile using CAE (Computer Aided Engineering), *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, Vol. 14, 8, 1433 – 1437.

- Pennington, D.W. (2004). "Life cycle assessment". *Environment International*. Vol. 30
- Rawat, I., Kumar, R.R., Mutanda, T., Bux, F., (2013), "Biodiesel from microalgae : A critical evaluation from laboratory to large scale production," *Applied Energy*, vol. 103, pp. 444–467, Institute for Water and Wastewater Technology, Durban University of Technology, South Africa.
- Petersen, E. E., & Pearce, J. (2017). Emergence of home manufacturing in the developed world: Return on investment for open – source 3-D printers. *Technologies*, 5 (7), 3 – 15.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.T Suh S., Weidema, B.P. & Pennington, D.W. (2004). «A life cycle Assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications», *Environment International* 30, issue 5, 701-720. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από <https://pdfs.semanticscholar.org/26b2/d0a4f854d3ecd7c6ce24872dcec06ce91018.pdf>
- Sonnemann, G., Castells, F., Schumacher, M., *Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes*, *Lewis Publishers*, 2004, by CRC Press LLC.
- Wang Hui, Chen Xiao-lei, Bai Yang, Guo Chao, Zhan Li, Application of dissolved air flotation on separation of waste plastics ABS and PS, *Waste Management*, Volume 32, Issue 7, July 2012, Pages 1297-1305.
- Zhuo, Ch., & Levendis, Y. A., Upcycling waste plastics into carbon nanomaterials: A review. Wiley Periodicals, Inc. *J. Appl. Polym. Sci.*, 131, 2013, 39931. <https://doi.org/10.1002/app.39931>. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.39931>

Ελληνόγλωσση

- Δαμαλίδης, Κ. & Μασλής, Β. (2008). *Ανάλυση κύκλου ζωής του εμφιαλωμένου τσίπουρου και ελαιόλαδου*. Μεταπτυχιακή εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Αβρααμίδης, Μ. (2003). *Ανάλυση κύκλου ζωής ως υποστηρικτικό εργαλείο λήψης αποφάσεων*. Κύπρος.

- Αμπελιώτης, Κ. (2010). *Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής – Μεθοδολογία εκτίμησης εκπομπών Αέριων Θερμοκηπίου*. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Αναγνώστου, Β. Δίσκος, Γ. & Μαργαριτόπουλος, Γ. (2007). *Ενσωμάτωση της Α.Κ.Ζ. στη Γεωργική Παραγωγή*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- Βλάχου, Ε.Α. (2007). *Εφαρμογή Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης κατά EMAS στο σχολικό συγκρότημα Γυμνασίου – Λυκείου Κερατέας*. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Πειραιά
- Διακογιάννης, Ι. (2009). *Εφαρμογή του Συστήματος Διαχείρισης περιβάλλοντος (ΣΠΔ) με έμφαση στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA, ISO 14040) στην παραγωγή ελαιολάδου*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2018). *ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ. Ευρωπαϊκή στρατηγική για τις πλαστικές ύλες σε μια κυκλική οικονομία*. Στρασβούργο. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_1&format=PDF
- Ζαμπανιώτου, Α. (1997). *Ανακύκλωση Χαρτιού και Ανάλυση Κύκλου Ζωής*. Σημειώσεις Τμήματος Χημικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ.
- Θεοδοσούλη, Κ. (2011). *Ανακύκλωση Πλαστικών Υλικών*. Πτυχιακή Εργασία. Κρήτη: Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2011/TheodosouliKyriaki/attached-document-1308910647-302799-1746/theodosouli2011.pdf>
- Ίδρυμα οικονομικών & βιομηχανικών ερευνών, (2019). *Ο κλάδος πλαστικών στην Ελλάδα Συμβολή στην ελληνική οικονομία, προκλήσεις και προοπτικές ανάπτυξης*. Αθήνα: Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών. Ανακτήθηκε στις 17 Μάϊος, 2020 από http://iobe.gr/docs/research/RES_05_F_10122019_REP_GR.pdf
- Μεγαλόφωνος, Σ. (2001). *ISO 14040 Ειδικά Θέματα για την Ποιότητα – Ποιότητα και Περιβάλλον (τόμος Α')*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Μουσιόπουλος, Ν. & Μπούρα, Α. (1999). *Ανάλυση Κύκλου Ζωής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη. Ανακτήθηκε στις 17 Μάιος, 2020 από <http://www.ziti.gr/docs/pdf/0535.pdf>

Μπεσέρης, Γ. (2008). *Ειδικά θέματα για την Ποιότητα-Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Δικτυογραφία

http://users.uoi.gr/nbarkoul/%D5%EB%E9%EA%DC%20%D3%F5%F3%EA%E5%F5%E1%F3%DF%E1%F2%20%EA%E1%E9%20%C1%ED%E1%EA%FD%EA%EB%F9%F3%E7/Lecture%202_%CC%E5%E8%EF%E4%EF%E9%20%C4%E9%DC%E8%E5%F3%E7%F2%20%C1%F0%EF%F1%F1%E9%EC%EC%DC%F4%F9%ED.pdf (ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης 17/5/2020).

<https://m.naftemporiki.gr/story/1360335/metatropi-plastikon-apobliton-se-xrisimopoiisimi-energeia> (ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης 17/5/2020).

<https://www.wwf.gr/images/pdfs/GreekPlasticLow.pdf> (ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης 17/5/2020).