



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ: Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού

ΤΜΗΜΑ: Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών

Κυκλική Οικονομία και Υλικά Συσκευασίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Όνοματεπώνυμο: Ίρις Κρετέ

Αριθμός Μητρώου: 517140150230

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Δρ. Σταματίνα Θεοχάρη

Αν. Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Αθήνα, Φεβρουάριος 2021

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής

Σταματίνα Θεοχάρη, Αν. Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Αντιγόνη Καραμάνη, Λέκτορας Εφαρμογών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Σταματία Γώγου, Ακαδημαϊκός Υπότροφος Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Τρις Κρετέ του Ζιλ Ρεϋμόν Μπενζαμίν, με αριθμό μητρώου 14015 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού του Τμήματος Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας της κατεύθυνσης Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Η Δηλούσα



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην Καθηγήτρια Δρ. Σταματίνα Θεοχάρη για την πολύτιμη βοήθεια, το ενδιαφέρον και το χρόνο που διέθεσε ώστε να φέρω εις πέρας την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου η οποία στάθηκε στο πλευρό μου καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδαστικών μου χρόνων.

Περιεχόμενα	
Περίληψη	7
Λέξεις κλειδιά	7
Abstract	8
Key words	8
Εισαγωγή.....	9
1ο Κεφάλαιο.....	10
Αειφορία και Βιωσιμότητα.....	10
Οικολογικό Αποτύπωμα (Ecological Footprint).....	11
Triple Bottom Line, TBL	13
Κλιματική Αλλαγή	15
Η συμφωνία “Paris Agreement”	15
Ορισμοί αειφόρου ανάπτυξης και σχετικές έννοιες.....	17
Συλλογική Βιωσιμότητα	18
Οικολογική αποδοτικότητα (Eco-efficiency).....	18
Καθαρότερη παραγωγή.....	18
2ο Κεφάλαιο.....	20
Ο ρόλος και τα υλικά της συσκευασίας.....	20
Οι πρώτες συσκευασίες.....	20
Η συσκευασία σήμερα	20
Ορισμοί για τη συσκευασία.....	21
Βασικές κατηγορίες συσκευασίας.....	21
Είδη υλικών συσκευασίας.....	24
Χαρτί / χαρτόνι	24
Γυαλί	27
Μέταλλο.....	28
Πλαστικό.....	29
3ο Κεφάλαιο.....	38
Οι επιπτώσεις των υλικών συσκευασίας στο περιβάλλον.....	38
Ρύπανση που προκαλείται από τα απόβλητα της συσκευασίας.....	39
Ρύπανση λόγω των στερεών αποβλήτων.....	39
Ρύπανση του νερού.....	41
Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	43
Πλαστικό - ορατοί και αόρατοι κίνδυνοι.....	43
Οι επιπτώσεις από την πλαστική σακούλα	44
Μικροπλαστικά.....	45
Νανοςωματίδια από πλαστικά.....	46

4ο Κεφάλαιο.....	48
Θεωρίες - Μοντέλα σχετικά με την Κυκλική Οικονομία.....	48
Το πρότυπο «Cradle to Cradle»	48
Το γραμμικό μοντέλο (Linear Model).....	52
Το μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας “Circular Economy”	53
Ορισμοί για την κυκλική οικονομία.....	54
Επιπλέον έννοιες που σχετίζονται με την κυκλική οικονομία.....	55
Πρότυπα που σχετίζονται με την κυκλική οικονομία.....	56
Εργαλεία κυκλικής οικονομίας.....	59
Ανάλυση κύκλου ζωής-Life-cycle assessment (LCA).....	59
Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής-Life-cycle costs (LCC).....	64
Πράσινη Οικονομία (Green Economy).....	66
Πράσινη Συσκευασία (“Green Packaging”) και “Greenwashing”	67
5ο Κεφάλαιο.....	68
Έρευνα και μελέτη βασικών στρατηγικών της κυκλικής οικονομίας.....	68
Reduce (Μείωση).....	69
Reuse (Επαναχρησιμοποίηση).....	70
Περιπτώσεις επαναχρησιμοποιούμενων συσκευασιών.....	71
Repurpose (Επαναχρησιμοποίηση ως ένα νέο προϊόν).....	77
Renew (Ανανέωση υλικών).....	77
Βιολογικά υλικά (Biobased materials)	78
Ανανεώσιμα υλικά (Renewable materials)	78
Βιοαποικοδόμηση – Βιοδιάσπαση πλαστικών.....	78
Κομποστοποίηση.....	83
Περιπτώσεις ανανεώσιμων υλικών συσκευασίας.....	89
Βρώσιμα υλικά συσκευασίας	100
Υλικά συσκευασίας από φύκη (algae).....	101
Υλικά συσκευασίας (βερνίκια και μεμβράνες) από βιομηχανικά απόβλητα “bio-waste”	105
Rethink (Επανεξέταση).....	113
Recycle (Ανακύκλωση)	117
Η διαδικασία ανακύκλωσης συσκευασιών	120
Ανακύκλωση πλαστικού	120
Περιπτώσεις εφαρμογών σύγχρονων τεχνικών στις διαδικασίες της ανακύκλωσης.....	123
Επίλογος – Συμπεράσματα	127
Βιβλιογραφία-Παραπομπές	129
Πίνακες.....	136
Εικόνες.....	137

Περίληψη

Αντικείμενο της Πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η μελέτη της αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων και κατ' επέκταση των θεμάτων που αφορούν την κλιματική αλλαγή, τα οποία έχουν άμεση σχέση με τα υλικά και το σύνολο των διαδικασιών της συσκευασίας. Παρατίθενται τα θεωρητικά μοντέλα που αναφέρονται στην αειφορία και τη βιωσιμότητα. Ακολουθούν προτάσεις που σχετίζονται με τους τρόπους μετάβασης από το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο σε εκείνο της κυκλικής οικονομίας, σύμφωνα με το οποίο οι πόροι διατηρούνται σε έναν κλειστό κύκλο αποκατάστασης. Η εργασία περιλαμβάνει μια εκτενή παρουσίαση του ρόλου της συσκευασίας και των υλικών της, ενώ ερευνώνται σύγχρονες προσεγγίσεις εργαλείων και στρατηγικών της κυκλικής οικονομίας, που προτείνονται και υιοθετούνται από επιχειρήσεις, οργανισμούς και κυβερνήσεις ανά τον κόσμο. Μέσα από αυτές αναδεικνύεται η δυνατότητα επιλογής των κατάλληλων πρακτικών επαναπροσδιορισμού και εναρμόνισης της συσκευασίας με το περιβάλλον στα πλαίσια μιας αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης σε παγκόσμια κλίμακα.

Λέξεις κλειδιά

Συσκευασία, υλικά συσκευασίας, αειφορία, βιωσιμότητα, περιβάλλον, κυκλική οικονομία, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποιήσιμα υλικά συσκευασίας, ανανεώσιμα υλικά συσκευασίας, βιοαποικοδομήσιμα υλικά συσκευασίας, βρώσιμη συσκευασία, κομποστοποιήσιμα υλικά συσκευασίας, βιολογικά απόβλητα

Abstract

This thesis studies the possible solutions of environmental problems and consequently the issues related to climate change, arising from materials and processes related to packaging. Firstly, some theoretical models for sustainability are presented, as well as suggestions for ways to move from the traditional linear production model to that of the circular economy, according to which material resources are kept in a closed recovery cycle. This paper includes an extensive presentation of the role of past and existing packaging practices and materials. Contemporary approaches, tools and strategies of the circular economy, proposed and adopted by companies, organizations and governments around the world, are also explored. Through them, it is possible to define the appropriate practices to harmonize packaging processes with contemporary environmental issues and the needs of sustainable development on a global scale.

Key words

Packaging, packaging materials, sustainability, circular economy, recycling, reusable packaging materials, renewable packaging materials, biodegradable packaging materials, edible packaging, compostable materials, biowaste

Εισαγωγή

Καθημερινά η κοινωνία έρχεται αντιμέτωπη με το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος, και κατ' επέκταση με το μείζον ζήτημα της κλιματικής αλλαγής. Στην περίπτωση της συσκευασίας, οι συνέπειες της ρύπανσης που προκύπτουν από τις παραγωγικές διαδικασίες αλλά και από την μεταφορά και την απόρριψη μετά τη χρήση της πληθαίνουν ανησυχητικά. Σήμερα, η ανάγκη αποκατάστασης του προβλήματος είναι επιτακτική όσο ποτέ άλλοτε και αυτό επιβεβαιώνεται καθημερινά μέσω μιας σειράς περιβαλλοντικών καταστροφών. Η επίκληση των εννοιών της αειφορίας και της βιωσιμότητας είναι επομένως ζωτικής σημασίας.

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η προσέγγιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, η αναζήτηση μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης αυτών μέσω της κυκλικής οικονομίας. Ειδικότερα στόχος της μελέτης είναι η αναζήτηση κατάλληλων συνδυαστικών στρατηγικών σε ότι αφορά την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των υλικών, των διαδικασιών και της απόρριψης της συσκευασίας. Στα πλαίσια αυτά παρουσιάζεται εκτενής έρευνα των εφαρμογών στρατηγικών της κυκλικής οικονομίας ανά τον κόσμο, οι οποίες αναδεικνύουν τις δυνατότητες επιλογής κατάλληλων πρακτικών επαναπροσδιορισμού και εναρμόνισης της συσκευασίας με το περιβάλλον και τις ανάγκες μιας αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης σε παγκόσμια κλίμακα.

Πιο συγκεκριμένα, το 1^ο Κεφάλαιο της εργασίας αναφέρεται σε ορισμούς και έννοιες που αφορούν την αειφορία και τη βιωσιμότητα μέσα από μια ιστορική αναδρομή. Επίσης γίνεται παρουσίαση των αποφάσεων και των διεθνών συνθηκών για την χάραξη στρατηγικών και μέτρων αντιμετώπισης του προβλήματος της ρύπανσης του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής. Στο 2^ο Κεφάλαιο, παρουσιάζονται αναλυτικά ο ρόλος της συσκευασίας και τα κύρια υλικά της με ιδιαίτερη έμφαση στα πλαστικά. Στο 3^ο Κεφάλαιο, μελετάται το πρόβλημα των επιπτώσεων της συσκευασίας στη ρύπανση του περιβάλλοντος και οι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό. Το 4^ο Κεφάλαιο, περιλαμβάνει τις βασικές θεωρίες και τα μοντέλα που σχετίζονται με την κυκλική οικονομία, οι οποίες διατυπώθηκαν μετά την διαπίστωση της ανεπάρκειας του γραμμικού μοντέλου. Επίσης γίνεται αναφορά στην πράσινη οικονομία, που αναφέρεται και ως οικολογική οικονομία, με έμφαση στο περιβάλλον, την κοινωνία και την ηθική. Τέλος, στο 5^ο Κεφάλαιο, που αποτελεί το ερευνητικό μέρος της εργασίας, παρουσιάζονται σύγχρονες προσεγγίσεις και εφαρμογές της συσκευασίας σύμφωνα με την υλοποίηση στρατηγικών της κυκλικής οικονομίας ανά τον κόσμο. Μέσα από την παρουσίαση αυτή επιχειρείται η ανάδειξη των δυνατοτήτων σχεδιασμού και επιλογής των κατάλληλων πρακτικών επαναπροσδιορισμού και εναρμόνισης της συσκευασίας με το περιβάλλον και τις ανάγκες μιας αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης σε παγκόσμια κλίμακα. Η εργασία ολοκληρώνεται με τον επίλογο, τα συμπεράσματα και την παράθεση των σχετικών αναφορών-βιβλιογραφίας.

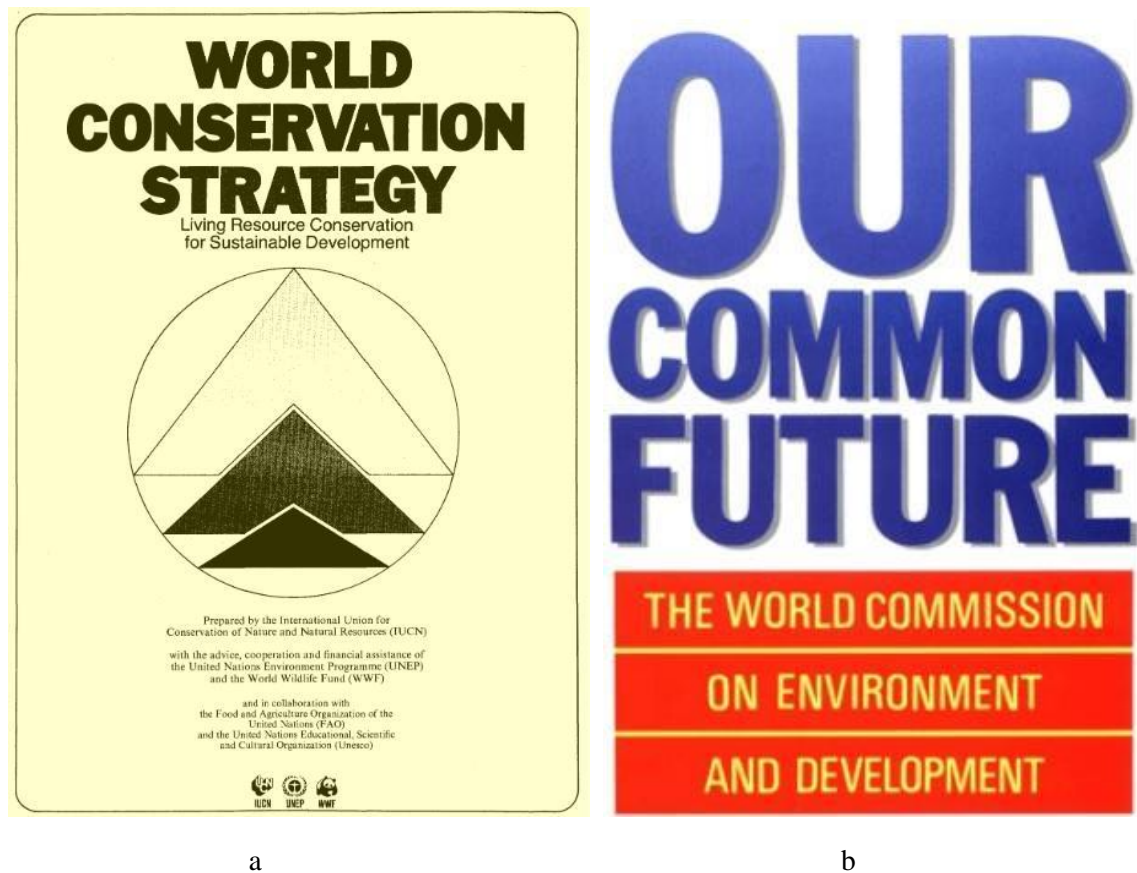
1ο Κεφάλαιο

Αειφορία και Βιωσιμότητα

Η αλματώδης ανάπτυξη της βιομηχανίας και η εξέλιξη της οικονομίας σχετίζονται με την εμφάνιση και την επιδείνωση σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Αιτίες των προβλημάτων αυτών είναι μεταξύ άλλων η παγκοσμιοποίηση, η αστικοποίηση και κατ' επέκταση η αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας και φυσικών πόρων (Ζουμπούλης, 2016). Μέσα στη δεκαετία του 1960 παρουσιάστηκε μία νέα έννοια, εκείνη της “αειφορίας”. Κατά την περίοδο αυτή άρχισαν να εντείνονται οι προβληματισμοί σχετικά με την αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων. Τα θέματα του περιβάλλοντος άρχισαν να απασχολούν την παγκόσμια κοινότητα και ο όρος “βιωσιμότητα” έγινε κοινά αποδεκτός πολιτικός στόχος. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) (Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)), με σκοπό την επίτευξη «υψηλότερης βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης και απασχόλησης στα κράτη μέλη, αλλά και τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου» (Stephen McKenzie, 2004).

Σε αυτό το πνεύμα το 1970 καθιερώθηκε η Ημέρα της Γης (Earth Day), που σηματοδοτεί τη γέννηση του σύγχρονου περιβαλλοντικού κινήματος σε παγκόσμια κλίμακα και τιμάται κάθε χρόνο στις 22 Απριλίου (Earth Day History). Η “Ημέρα της Γης” έβαλε τις βάσεις για αυτό που σήμερα ονομάζεται “Environmental Decade” δηλαδή μια σειρά ριζικών νομοθετικών μεταρρυθμίσεων, όπως το “Federal National Environmental Policy Act” (1970), το “Clean Air Act” (1970), το “Clean Water Act” (1972), το “Comprehensive Environmental Response”, και αργότερα το “Clean up and Liability Act” (Superfund, 1980). Το 1980, η Διεθνής Ένωση Διατήρησης της Φύσης (International Union for the Conservation of Nature, IUCN) δημοσίευσε την Παγκόσμια Στρατηγική Διατήρησης (*World Conservation Strategy, WCS): Living Resource Conservation for Sustainable Development. IUCN–UNEP–WWF. Το WCS είναι το πρώτο διεθνές έγγραφο για τη διατήρηση των έμβιων πόρων που υποστηρίχθηκε από κυβερνήσεις, μη κυβερνητικές οργανώσεις και άλλους εμπειρογνώμονες.

Η προστασία του περιβάλλοντος μέσω της διαχείρισης βιώσιμων πόρων συμπεριλήφθηκε στη διεθνή ατζέντα συνόδων κορυφής για το περιβάλλον, που πραγματοποιήθηκαν μεταγενέστερα (Rio 1992 και Γιοχάνεσμπουργκ 2002).



Εικόνα 1. a) *World Conservation Strategy*. Cover. Δημιουργήθηκε από το “International Union for Conservation of Nature and Natural Resources” (IUCN). IUCN–UNEP–WWF, 1980.

b) *Our Common Future*. Cover. Δημιουργήθηκε από το “International Union for Conservation of Nature and Natural Resources”(IUCN), ed. Έκθεση του “World Commission on Environment and Development”: Our Common Future. Oxford: Oxford University Press, 1987.

Οικολογικό Αποτύπωμα (Ecological Footprint)

Με τον όρο “Ecological Footprint” (Οικολογικό Αποτύπωμα) νοείται η εκτίμηση των φυσικών πόρων που αντλούν και καταναλώνουν οι άνθρωποι για τις ανάγκες τους. Προτάθηκε το 1990 από τον Mathis Wackernagel και τον William Rees στο Πανεπιστήμιο της Βρετανικής Κολομβίας. Παρακολουθεί τη χρήση παραγωγικών εκτάσεων ή και ολόκληρων περιοχών, όπως καλλιεργήσιμες εκτάσεις, βοσκοτόπους, αλιευτικές περιοχές, κατοικημένες και δασικές εκτάσεις και τις συσχετίζει με τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Μουσιόπουλος, 2015). Η μείωση του Οικολογικού Αποτυπώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της μείωσης της αλόγιστης χρήσης ενέργειας, των αποβλήτων και των λιπασμάτων (Sylvie, 2019).

The Ecological Footprint

MEASURES

how fast we consume resources and generate waste



Εικόνα 2. Οικολογικό Αποτύπωμα

Αργότερα, το 1992 εγκρίθηκε το κείμενο “United Nations Framework Convention” για την αλλαγή του κλίματος στην έδρα των Ηνωμένων Εθνών στη Νέα Υόρκη. Την ίδια χρονιά η UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) παρουσίασε στο “Earth Summit” που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο, το θέμα γύρω από την υπογραφή της συμφωνίας για περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, που θα συνέβαλε στα μέτρα κατά της κλιματικής αλλαγής. Η UNFCCC πρότεινε δυο “αδελφές συμβάσεις” (two sister Conventions), τη “UN Convention on Biological Diversity” και τη “Convention of Combat Desertification”. Οι χώρες που υπογράφουν τη Συνθήκη γνωστές ως «Συμβαλλόμενα μέρη-Parties» είναι 196. Τα συμβαλλόμενα μέρη συναντώνται κάθε χρόνο στη Διάσκεψη (Conference of the Parties-COP) για να συζητήσουν θέματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή.

Triple Bottom Line, TBL

Στο μεταξύ, ο Elkington, διάσημος Βρετανός σύμβουλος διαχείρισης και εμπειρογνώμονας σε θέματα βιωσιμότητας - εισήγαγε τον όρο "triple bottom line, TBL" (1994). Ο όρος βασίζεται στην ιδέα ότι μια εταιρεία μπορεί να διαχειρίζεται τους πόρους με τέτοιο τρόπο, ώστε όχι μόνο να κερδίζει χρήματα αλλά και να βελτιώνει τη ζωή των ανθρώπων και του πλανήτη (Kenton, 2020). Ο ίδιος διατύπωσε την πρόταση: *“Η αειφόρος ανάπτυξη συνεπάγεται την ταυτόχρονη επιδίωξη της οικονομικής ευημερίας, της ποιότητας του περιβάλλοντος και της κοινωνικής δικαιοσύνης. Αυτό σημαίνει ότι οι εταιρείες που στοχεύουν στη βιωσιμότητα πρέπει να μην περιορίζονται μόνο σε ένα αλλά να μελετούν τρία βασικά στοιχεία (TBL): άνθρωπος, πλανήτης και κέρδος”* (Elkington, 1998). Η θεωρία των TBL περιλαμβάνει το επίπεδο δέσμευσης μιας εταιρείας για την εταιρική κοινωνική ευθύνη και τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον με την πάροδο του χρόνου (Amos, 2016).



Εικόνα 3. Τα τρία συστατικά στοιχεία της αειφόρου ανάπτυξης σύμφωνα με τον Elkington

Πίνακας 1. Κριτήρια και θεματικές που αφορούν τις επιχειρήσεις, σύμφωνα με τον Elkington (Verghese, 2012)

Κριτήρια	Θέματα που αφορούν τις επιχειρήσεις
Οικονομικά	Κόστος - ανταγωνιστικότητα Ζήτηση προϊόντων και υπηρεσιών Καινοτομία Ανθρώπινο και πνευματικό κεφάλαιο Περιθώρια κέρδους
Κοινωνικά και Ηθικά	Δοκιμές σε ζώα Κοινωνικές σχέσεις Ανθρώπινα δικαιώματα Συνθήκες Εργασίας Αθέμιτη εμπορία Επιπτώσεις στους αυτόχθονες πληθυσμούς Εργασιακή απασχόληση των μειονοτήτων
Περιβαλλοντικά	Περιβαλλοντική συμμόρφωση Χρήση και προστασία του φυσικού κεφαλαίου Κόστος περιβαλλοντικής διαχείρισης Υλικά, ενέργεια και κατανάλωση νερού Στερεά απόβλητα και ρύπανση Επιπτώσεις κύκλου ζωής προϊόντων και υπηρεσιών Απόδοση έναντι των βέλτιστων πρακτικών

Αργότερα διαπιστώθηκε ότι στις βιομηχανικές χώρες οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas, GHG) στην ατμόσφαιρα αυξάνονται ραγδαία. Για το λόγο αυτό, στις 11 Δεκεμβρίου του 1997 δημιουργήθηκε μία νέα συνθήκη, το πρωτόκολλο του Κιότο, η οποία δεσμεύει αυτές τις βιομηχανικές χώρες και οικονομίες να μειώσουν τις εκπομπές επιβλαβών αερίων, με την υιοθέτηση κατάλληλων πολιτικών και μέτρων και να υποβάλλουν περιοδικά τις ανάλογες εκθέσεις.

Το 2010 υιοθετήθηκε η στρατηγική «Europe 2020», η οποία στοχεύει στην εξέλιξη της ΕΕ στον τομέα της «οικονομίας της γνώσης», ώστε να γίνει αποδοτική από πλευράς αξιοποίησης πόρων, με χαμηλές εκπομπές CO₂, ικανής να ανταποκρίνεται κατά τρόπο αειφόρο στα προβλήματα που θα χρειαστεί να αντιμετωπιστούν στο χρονικό ορίζοντα του 2050. Επίσης, στοχεύει στην πλήρη προσαρμογή της θεωρίας της αειφορίας και στη διεύρυνση του ρόλου της κατά τη χάραξη πολιτικών.

Κλιματική Αλλαγή

Η αειφορία είναι ένα όρος άμεσα συνδεδεμένος με τα θέματα που αφορούν την κλιματική αλλαγή. Εδώ και 250 χρόνια η ανθρωπότητα χρησιμοποιεί άνθρακα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο για την παραγωγή ενέργειας. Αυτού του είδους η ενέργεια έφερε μεγάλη οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη, ωστόσο παράλληλα έφερε και σημαντικά προβλήματα στο περιβάλλον και το κλίμα, καθώς με την καύση του άνθρακα και του πετρελαίου, τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Στο μεταξύ, οι ανάγκες για περισσότερο κέρδος, οδήγησαν ταυτόχρονα στην επέκταση της λειτουργίας νέων τέτοιων μονάδων ενέργειας, με αποτέλεσμα να καταγράφεται άνοδος γύρω στο 40% του CO₂ με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Ταυτόχρονα, εκτός του CO₂, αυξήθηκαν ανησυχητικά οι εκπομπές και οι συγκεντρώσεις και άλλων επικίνδυνων αέριων ρύπων (μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, κτλ.) (Μουσιόπουλος, 2015).

Η συμφωνία “Paris Agreement”

Στις 12 Δεκεμβρίου 2015, στο Παρίσι υπογράφηκε συμφωνία μεταξύ 195 εθνών σχετικά με την παγκόσμια πολιτική για το περιβάλλον, με σκοπό τον έλεγχο της κλιματικής αλλαγής και τις δράσεις για ένα βιώσιμο μέλλον με λιγότερες εκπομπές CO₂. Βασικός στόχος ήταν η απόφαση για τη διατήρηση των επιπέδων αύξησης της θερμοκρασίας της γης κάτω των 2°C αυτόν τον αιώνα και η συνέχιση των προσπαθειών για τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας στους 1,5°C. Για να επιτευχθούν αυτοί οι φιλόδοξοι στόχοι, απαιτείται η κατάλληλη κινητοποίηση και η παροχή χρηματοοικονομικών πόρων. Η συμφωνία προβλέπει επίσης ένα ενισχυμένο πλαίσιο διαφάνειας για δράση και υποστήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών και των πιο ευάλωτων πληθυσμών, σύμφωνα με τους επιμέρους εθνικούς στόχους. Η συμφωνία του Παρισιού προϋποθέτει ότι όλα τα μέρη της θα καταβάλουν τη μεγαλύτερη δυνατή προσπάθεια μέσω του “Nationally Determined Contributions” (NDCs) και θα την ενισχύσουν τα επόμενα χρόνια. Αυτό απαιτεί από όλα τα μέρη να αναφέρουν τακτικά τις εκπομπές τους και τις προσπάθειες εφαρμογής της συμφωνίας. Σε αυτά τα πλαίσια, αποφασίστηκε μια παγκόσμια απογραφή κάθε 5 χρόνια για την αξιολόγηση της προόδου προς την επίτευξη του σκοπού της συμφωνίας αλλά και για την ενημέρωση σχετικά με μεμονωμένες ενέργειες από τα διάφορα μέρη (UNFCCC).

Αρκετά χρόνια μετά τη διάσκεψη κορυφής του Ρίο, η παγκόσμια κοινότητα συνεχίζει να είναι αντιμέτωπη με δύο κρίσιμα προβλήματα: το πρώτο αφορά τον τρόπο που θα ικανοποιήσει τις προσδοκίες της ανθρωπότητας για μια καλύτερη ζωή, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι ο πληθυσμός σε παγκόσμια κλίμακα αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο από το ένα τρίτο σε σχέση με το σημερινό μέχρι το 2050. Το δεύτερο αφορά τον τρόπο που θα μετριαστούν οι πιέσεις στο περιβάλλον, καθώς εάν δεν ληφθούν μέτρα, θα υπονομεύσουν τη δυνατότητα της ανθρωπότητας να ανταποκριθεί στις προσδοκίες αυτές. Φυσικά, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα συγκεκριμένα προβλήματα, η απάντηση δεν μπορεί να αναζητηθεί στην επιβράδυνση της ανάπτυξης, όσο στην προαγωγή του κατάλληλου τύπου ανάπτυξης. Γίνεται φανερό ότι υπάρχουν επιτακτικοί λόγοι, οι οποίοι πλέον επιβάλλουν τη ριζική αναθεώρηση του παραδοσιακού μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στην ανάγκη για επανεξέταση του οικονομικού συστήματος που ενθαρρύνει την αλόγιστη κατανάλωση του φυσικού κεφαλαίου και των φυσικών πόρων με αποκλειστικό κριτήριο το οικονομικό κέρδος, και το οποίο δεν αρκεί για την υλοποίηση των αναγκαίων αλλαγών. Αντίθετα, υπάρχει ζωτική ανάγκη για τη διασφάλιση μιας οικονομίας ικανής με βάση ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια, που σημαίνει ότι θα διασφαλίζεται ταυτόχρονα η ευημερία και η προσφορά αξιοπρεπούς εργασίας, θα αμβλύνονται οι ανισότητες, θα καταπολεμάται η φτώχεια

και θα διατηρείται το φυσικό κεφάλαιο. Ο τύπος αυτός της οικονομίας, η “πράσινη οικονομία”, που θα αναλυθεί εκτενέστερα στη συνέχεια της εργασίας, αποτελεί μια εναλλακτική θεώρηση στο σημερινό μοντέλο ανάπτυξης, με άλλα λόγια ένα αποτελεσματικό μέσο προαγωγής της αειφόρου ανάπτυξης και αντιμετώπισης των παραπάνω αλληλένδετων και κρίσιμων προβλημάτων.

Οι συμφωνίες, “European Green Deal” (2019) και το “EU Biodiversity Strategy for 2030” (2020) οι οποίες υιοθετήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή αφορούν μια ολοκληρωμένη νέα στρατηγική για τη βιοποικιλότητα προκειμένου να επαναφέρει κοντά τους ανθρώπους με τη φύση, καθώς και τη στρατηγική “Farm to Fork” για ένα δίκαιο, υγιές και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα τροφίμων. Οι δύο αυτές στρατηγικές αλληλοενισχύονται, ενώνοντας τη φύση, τους αγρότες, τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές για μια από κοινού προσπάθεια προς ένα ανταγωνιστικά βιώσιμο μέλλον.

Σύμφωνα με την “European Green Deal”, προτείνονται φιλόδοξες δράσεις και δεσμεύσεις της ΕΕ για να σταματήσουν οι απώλειες της βιοποικιλότητας στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως, ώστε τα συστήματα διατροφής να συμβαδίζουν με τα παγκόσμια πρότυπα για μια ανταγωνιστική βιωσιμότητα, την προστασία της υγείας του ανθρώπου και του πλανήτη, καθώς και την εξασφάλιση των προς το ζην όλων όσων εμπλέκονται στην αλυσίδα τροφίμων. Στο μεταξύ, η κρίση λόγω της πανδημίας COVID-19 έδειξε πόσο ευάλωτος είναι ο κόσμος από την αυξανόμενη απώλεια βιοποικιλότητας και πόσο σημαντικό είναι ένα λειτουργικό σύστημα τροφίμων για την κοινωνία μας. Οι στρατηγικές αυτές θέτουν τον πολίτη στο επίκεντρο, δεσμεύουν τα κράτη - μέλη να αυξήσουν την προστασία της ξηράς και της θάλασσας, να αποκαταστήσουν τα υποβαθμισμένα οικοσυστήματα και να καθιερώσουν την ΕΕ ως ηγέτιδα δύναμη στη διεθνή σκηνή, τόσο για την προστασία της βιοποικιλότητας, όσο και για την οικοδόμηση μιας βιώσιμης τροφικής αλυσίδας.

Το σχέδιο με την ονομασία “2030 Climate Target Plan” παρουσιάστηκε στις 17 Σεπτεμβρίου του 2020. Σύμφωνα με αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε το σχέδιό της για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ κατά τουλάχιστον 55% μέχρι το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αυτό το φιλόδοξο σχέδιο για την επόμενη δεκαετία έχει ως σκοπό να θέσει την ΕΕ σε μια ρεαλιστική πορεία για την επίτευξη των στόχων για το κλίμα μέχρι το 2050. Ο νέος αυτός στόχος βασίζεται σε μια ολοκληρωμένη εκτίμηση των κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων (European Commission).

Ορισμοί αειφόρου ανάπτυξης και σχετικές έννοιες

Ως αειφόρος ανάπτυξη ορίζεται «αυτή που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να μειώνει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους» σύμφωνα με την έκθεση που συντάχθηκε από την Επιτροπή WCED (World Commission for the Environment and Development- Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη) με πρόεδρο την κα. Brundtland πρώην πρωθυπουργό της Νορβηγίας. Συμπληρωματικός του παραπάνω ορισμού είναι αυτός της Διεθνούς Ένωσης “International Union for Conservation of Nature and Natural Resources” (IUCN), ο οποίος περιέχει επίσης στοιχεία από το πρόγραμμα “United Nations Environment Programme” (UNEP), και τους Οργανισμούς “World Wildlife Fund” (WWF), “Food and Agriculture Organization of the United Nations” (FAO), και “United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization” (Unesco) που υποστηρίζουν ότι: «Η ανάπτυξη είναι αειφόρος, όταν βελτιώνει την ποιότητα ζωής μέσα στο πλαίσιο των ορίων, που θέτει η ικανότητα των οικοσυστημάτων να υποστηρίζουν τη ζωή». Από τους παραπάνω ορισμούς, ο πρώτος δείχνει την αναγκαιότητα της ενίσχυσης της αλληλεγγύης και της υπευθυνότητας μεταξύ των γενεών. Ο δεύτερος ορισμός αναφέρεται στην περιβαλλοντική διάσταση του προβλήματος, δηλαδή φαίνεται πως η αειφόρος ανάπτυξη προϋποθέτει την εξασφάλιση επαρκούς παραγωγής τροφής, και κατά συνέπεια την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, την ελαχιστοποίηση έως και την κατάργηση της χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, την αποτελεσματική χρήση της διαθέσιμης γεωργικής γης, των αποθεμάτων νερού και την αύξηση της αποδοτικότητας με τη βοήθεια της τεχνολογίας. Ακόμα, σημαίνει τον περιορισμό της ρύπανσης του αέρα και του νερού και την προστασία όλων των οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητάς τους.

Πιο συγκεκριμένα, ως στόχοι της αειφόρου ανάπτυξης μπορούν να αναφερθούν οι παρακάτω:

- Να αναζωογονηθεί η οικονομική ανάπτυξη, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η φτώχεια περιορίζει τις δυνατότητες των ανθρώπων να χρησιμοποιούν με συνετό τρόπο τους φυσικούς πόρους, υποβαθμίζοντας το φυσικό τους περιβάλλον.
- Να προωθηθεί η ανάπτυξη με χαρακτήρα λιγότερο ενεργοβόρο και πιο δίκαιο κοινωνικά.
- Να ικανοποιηθούν οι βασικές ζωτικές ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού στις αναπτυσσόμενες χώρες, δηλαδή να εξασφαλιστούν η σωστή διατροφή, η απαραίτητη ενέργεια, οι ανάγκες για στέγη, καθαρό νερό, υγιεινές συνθήκες διαβίωσης και η ιατρική περίθαλψη.
- Να δημιουργηθούν ευκαιρίες απασχόλησης για την κάλυψη των αναγκών σε βασικά καταναλωτικά αγαθά.
- Να ληφθούν μέτρα για τη δημογραφική σταθεροποίηση και ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις του Τρίτου Κόσμου, όπου οι μεγάλες ελλείψεις σε βασικά είδη (κατοικίας, νερού, υγιεινής και μαζικών μεταφορών) είναι ιδιαίτερα έντονες.
- Να διατηρηθούν και να προστατευτούν οι φυσικοί πόροι, που υποβαθμίζονται ολοένα και περισσότερο από το υψηλό επίπεδο κατανάλωσης των βιομηχανικών χωρών, και ταυτόχρονα από τον αυξανόμενο πληθυσμό και την αλόγιστη κατανάλωση πόρων των αναπτυσσόμενων χωρών. Να σχεδιαστούν ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις για την αγροτική παραγωγή, τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες και την ενέργεια που είναι κρίσιμες ιδιαίτερα για τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής και της υδάτινης ρύπανσης.
- Να επαναπροσδιοριστούν οι τεχνολογίες, έτσι ώστε η αγορά να στραφεί σε προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον, με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, με δυνατότητα ανακύκλωσης, εξοικονόμησης ενέργειας κλπ.
- Να υπάρξει σύγκλιση οικονομικών και περιβαλλοντικών στόχων στις διαδικασίες λήψης των αποφάσεων, με την αποδοχή της κοινωνικής ευθύνης, την αναγνώριση των αναγκαιών

πλαίσια που αφορούν την επιστήμη και την τεχνολογία για την επίλυση των προβλημάτων καθώς επίσης για την αναγνώριση των συνεπειών των σημερινών αποφάσεων. Η αειφορία προϋποθέτει μια ευρύτερη συμμετοχή στις ευθύνες και στις αποφάσεις, καθώς επίσης και μια ευρύτερη δυνατότητα των πολιτών να έχουν πρόσβαση στις πηγές πληροφόρησης.

Συλλογική Βιωσιμότητα

Η “συλλογική βιωσιμότητα” είναι μία επιχειρηματική προσέγγιση, η οποία αποσκοπεί στη μακροπρόθεσμη δημιουργία ευκαιριών και στη διαχείριση των κινδύνων που απορρέουν από τις οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές εξελίξεις. Σύμφωνα με τη συλλογική βιωσιμότητα, οι ηγέτες πρέπει να προσαρμόζουν τις στρατηγικές και τις πολιτικές τους, έτσι ώστε να αξιοποιούν το δυναμικό της αγοράς για βιώσιμα προϊόντα και υπηρεσίες, μειώνοντας ταυτόχρονα και απομακρύνοντας επιτυχώς το κόστος και τους κινδύνους που βλάπτουν την αειφορία. Σε αυτά τα πλαίσια, ο ρόλος της συσκευασίας πρέπει να εναρμονίζεται με την στρατηγική της αειφορίας στη διαδικασία παραγωγής της. Πιο συγκεκριμένα, ο τομέας της βιομηχανίας συσκευασιών δεν πρέπει να στοχεύει μόνο στη βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής, αλλά και να παρέχει λειτουργικά τελικά προϊόντα - συσκευασίες, που θα συμβάλλουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Οικολογική αποδοτικότητα (Eco-efficiency)

Σύμφωνα με τη συνήθη χρήση του όρου, η “οικολογική αποδοτικότητα” δίνει ιδιαίτερη έμφαση στις διαδικασίες παραγωγής και στις υπηρεσίες. Ο όρος περιλήφθηκε σε πολλούς κανονισμούς περί καθαρότερης παραγωγής και σημαίνει την παροχή αγαθών και υπηρεσιών σε ανταγωνιστικές τιμές που να ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες και να προάγουν την ποιότητα ζωής, μειώνοντας σταδιακά τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και την αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Ταυτόχρονα, προϋποθέτει την αποτελεσματικότερη χρήση των υλικών και της ενέργειας προκειμένου να εξασφαλίζεται η κερδοφορία και η δημιουργία προστιθέμενης αξίας (Glavič 2007).

Καθαρότερη παραγωγή

Ο όρος της “καθαρότερης παραγωγής” έχει προκαλέσει μεγάλο ενδιαφέρον τις τελευταίες δεκαετίες. Δημιουργήθηκε από την UNEP (United Nations Environment Programme) (Παρίσι, 1989) και έκτοτε επεκτάθηκε και προστέθηκε στην έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Σε αυτά τα πλαίσια, ένα ευρύτερο όραμα καθιερώθηκε το 2004, που περιλαμβάνει τις προϋποθέσεις για την επίτευξη περιβαλλοντικών βελτιώσεων στις διαδικασίες, την ανάπτυξη προϊόντων και την συμβολή για έναν πιο βιώσιμο κόσμο.

Οι στρατηγικές διαχείρισης καθαρότερης παραγωγής αποσκοπούν στα εξής:

- αύξηση της απόδοσης των υλικών
- βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
- βελτίωση της διαχείρισης ροής υλικών
- εφαρμογή προληπτικών προσεγγίσεων περιβαλλοντικής προστασίας
- αγώνας για βιώσιμη χρήση του φυσικού κεφαλαίου
- επίτευξη στόχων σύμφωνα με τη συμμόρφωση στους κανονισμούς (Glavič 2007).

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι για την προστασία από την κλιματική αλλαγή (“κλιματική ουδετερότητα”), θα πρέπει να ενισχυθούν οι συνέργειες μεταξύ κυκλικότητας και μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η “κυκλικότητα” θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για την ουδετερότητα του κλίματος. Έτσι, για παράδειγμα στα πλαίσια της “κυκλικής οικονομίας” θα πρέπει να εξετάζεται πλέον όχι μόνο το υλικό ή τα υλικά κατασκευής μιας συσκευασίας, καθώς και το είδος και η ποσότητα της ενέργειας που τροφοδοτεί τη μονάδα παραγωγής, κι επίσης των καυσίμων που χρησιμοποιούν τα μέσα μεταφοράς για την διανομή της συσκευασίας αυτής.

Για να θεωρείται ολοκληρωμένος και πλήρης ο “κύκλος” και για να μπορεί να γίνει λόγος για ένα βιώσιμο μέλλον, θα πρέπει οι επιχειρήσεις να λαμβάνουν υπόψη τα παρακάτω κριτήρια:

- Να χρησιμοποιούν τρόπους μέτρησης και ανάλυσης του “δείκτη κυκλικότητας” ή “circularity index” για την εξασφάλιση της κλιματικής ουδετερότητας.
- Να βελτιώνουν τα εργαλεία μοντελοποίησης για την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της κυκλικής οικονομίας στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε επίπεδο ΕΕ και σε εθνικό επίπεδο.
- Να χρησιμοποιούν μέτρα για την ενίσχυση του ρόλου της κυκλικότητας, όπως περιλαμβάνονται στις αναθεωρήσεις των εθνικών ενεργειακών και κλιματικών σχεδίων και άλλων πολιτικών σχετικών με την κλιματική αλλαγή (Circular Economy Action Plan, The European Green Deal).

2ο Κεφάλαιο

Ο ρόλος και τα υλικά της συσκευασίας

Οι πρώτες συσκευασίες

Η καταγωγή της συσκευασίας ανάγεται στα προϊστορικά χρόνια. Είναι πιθανό η πρώτη συσκευασία να ήταν φύλλα φυτών με τα οποία ο προϊστορικός άνθρωπος τύλιγε τα περισσεύματα της τροφής του (ίσως κρέας) για να τα χρησιμοποιήσει στις μετακινήσεις της φυλής του ή σε αντίξοες συνθήκες. Τα φύλλα των δέντρων και το δέρμα των ζώων αποτέλεσαν τα πρώτα υλικά συσκευασίας. Στη συνέχεια ακολούθησαν το ύφασμα, ο πηλός, το γυαλί, το χαρτί και πολύ αργότερα ο λευκοσίδηρος και το σελοφάν (αναγεννημένη κυτταρίνη). Οι πρώτες ιστορικές μαρτυρίες για συγκεκριμένες μορφές συσκευασίας αγαθών αποδεικνύουν ότι κατασκευάστηκαν στη Μεσοποταμία πριν περίπου 5000 χρόνια και αποτελούνταν από καλάθια πλεγμένα από κλαδιά λυγαριάς, τα οποία χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά των αγαθών. Οι άνθρωποι των αρχαίων χρόνων, ως κυνηγοί, χρησιμοποιούσαν ασκούς, δηλαδή δέρματα ζώων κατάλληλα επεξεργασμένα, ως δοχεία αποθήκευσης και μεταφοράς υγρών. Αργότερα, εκτός από τα καλάθια κατασκεύαζαν και βαρέλια από ξύλο. Ωστόσο, οι πρώτες συσκευασίες δεν χρησιμοποιούνταν μόνο για μεταφορά αγαθών, αλλά και για την αποθήκευση τροφίμων. Στη συνέχεια, οι άνθρωποι έμαθαν την τέχνη της αγγειοπλαστικής και κατασκεύαζαν κανάτες από πηλό, για τη μεταφορά, την συντήρηση και το μαγείρεμα των τροφίμων. Μάλιστα οι συσκευασίες αυτές επαναχρησιμοποιούνταν, μέχρις ότου να καταστραφούν (Καρακασίδης, 1999).

Η συσκευασία σήμερα

Ο ρόλος της συσκευασίας είναι πλέον αναπόσπαστος από την αποθήκευση, τη μεταφορά και την ασφαλή χρήση και κατανάλωση των προϊόντων. Σήμερα δεν διακινείται σχεδόν κανένα ασυσκευάστο προϊόν ενώ η συσκευασία άδεια δεν απαντάται στο λιανεμπόριο, παρά μόνο στην περίπτωση της μορφής της «οικιακής συσκευασίας», όπου ο καταναλωτής υποτυπωδώς συσκευάζει κάποια προϊόντα για συντήρηση στο σπίτι του. Η συσκευασία όχι μόνο περιέχει και συντηρεί το περιεχόμενο προϊόν, αλλά επιπλέον βοηθά στην επεξεργασία, στη διανομή, στο marketing, στις πωλήσεις και πιο πρόσφατα ακόμα και στο μαγείρεμα ή/και στο σερβίρισμα ορισμένων προϊόντων. Η εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει τη χρήση ποικιλίας υλικών και μέσω συσκευασίας, που αφενός συμβάλλουν στην αύξηση της διατηρησιμότητας των προϊόντων και αφετέρου πληρούν ορισμένες προδιαγραφές για κάθε συγκεκριμένο προϊόν. Η συσκευασία προσφέρει την απαραίτητη προστασία τόσο έναντι των περιβαλλοντικών συνθηκών, όσο και των φυσικών κινδύνων, που είναι δυνατόν να αντιμετωπίσει ένα προϊόν.

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν πολλά και διαφορετικά υλικά συσκευασίας, όπως το χαρτί, τα πολυμερή, το μέταλλο, τα κεραμικά και άλλα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την μορφοποίηση και την εκτύπωση τους, σε απλές ή σύνθετες μορφές και σε συνδυασμούς. Επίσης υπάρχει και μια ποικιλία βοηθητικών υλικών που προστίθονται, όπως κόλλες, συνδετικά, εκτυπωτικά μελάνια, λάκες, βερνίκια και άλλα. Με βάση τα προηγούμενα, θα πρέπει να αποτελεί βασικό μέλημα για την σχεδίαση και την υλοποίηση μιας συσκευασίας, η δημιουργία ενός βιώσιμου τύπου, που δεν θα

επιβαρύνει αλλά αντίθετα θα λαμβάνει σοβαρά υπόψη και θα ευνοεί το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία γενικότερα. (Καναβούρας, 2015).

Ορισμοί για τη συσκευασία

1. Το Βρετανικό Ινστιτούτο Συσκευασίας ορίζει ως συσκευασία τα παρακάτω:
 - Ένα συνολικό σύστημα προστασίας των αγαθών για τη μεταφορά, διανομή, αποθήκευση, πώληση και χρήση αυτών.
 - Ένας τρόπος (και ταυτόχρονα ένα μέσο) διασφάλισης ασφαλούς διανομής των αγαθών σε καλή κατάσταση ως τον τελικό καταναλωτή με το ελάχιστο κόστος.
 - Μια τεχνοοικονομική διαδικασία με σκοπό να ελαχιστοποιήσει το κόστος διανομής των αγαθών και να μεγιστοποιήσει τις πωλήσεις και κατά συνέπεια τα κέρδη (Παπαδάκης, 2010).
2. Σύμφωνα με τον νόμο (2939/2001, Άρθρο 2) ως “συσκευασία” νοείται: *κάθε προϊόν, κατασκευασμένο από οποιοδήποτε είδος υλικού από πρώτες ύλες μέχρι επεξεργασμένα υλικά και προοριζόμενο να χρησιμοποιείται για να περιέχει αγαθά με σκοπό την προστασία, τη διακίνηση, τη διάθεση και την παρουσίασή τους από τον παραγωγό μέχρι τον χρήστη ή τον καταναλωτή. Ως συσκευασίες θεωρούνται όλα τα είδη μίας ή πολλαπλής χρήσης που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό* (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2016).

Βασικές κατηγορίες συσκευασίας

Με βάση την λειτουργικότητα τους τα υλικά συσκευασίας ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

1. Κύρια συσκευασία ή συσκευασία προς πώληση, η οποία συνήθως έρχεται σε επαφή με τα αγαθά. Η συσκευασία σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο που να αποτελεί, στο σημείο αγοράς, ξεχωριστή μονάδα προς πώληση στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή.
2. Δευτερεύουσα συσκευασία, που λέγεται και συσκευασία συλλογής, όπως κιβώτια από χαρτόνι, ξύλο ή δοχεία από πλαστικό, που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των προϊόντων σε πρωτογενή συσκευασία.
3. Τριτογενής συσκευασία ή συσκευασία μεταφοράς, που χρησιμοποιείται για να διευκολύνει τη φόρτωση, τη μεταφορά και την αποστολή εμπορευμάτων μεγάλων ποσοτήτων αγαθών, όπως ξύλινες παλέτες και πλαστικά μέσω περνοφόρων οχημάτων, φορτηγών κ.α. Εξυπηρετεί στο να αποφεύγονται οι φθορές κατά τη μεταφορά (Pongrácz, 2007).

Πίνακας 2. Οι βασικές κατηγορίες της συσκευασίας: πρωτογενής, δευτερογενής, τριτογενής και βιομηχανική. (Verghese, L. 2012)

Κατηγορία συσκευασίας	Άλλοι όροι	Ορισμός	Λειτουργίες
Πρωτογενής/Κύρια	Πωλήσεις Καταναλωτής Λιανεμπόριο	Η μονάδα πωλήσεων στο σημείο αγοράς	Προστασία, προώθηση, ευκολία, πληροφορίες, χειρισμός, ασφάλεια
Δευτερογενής	Απεικόνιση Εμπορευματοποίηση	Συσκευασία που χρησιμοποιείται στο σημείο αγοράς για να περιέχει ή να παρουσιάζει αριθμό μονάδων πωλήσεων. Μπορεί να αφαιρεθεί από το προϊόν χωρίς να επηρεαστούν τα χαρακτηριστικά του	Προστασία, προώθηση, ευκολία, πληροφορίες, χρήση, χειρισμός, ασφάλεια
Τριτογενής	Διανομή Εμπόριο Μεταφορά	Χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση του χειρισμού και της μεταφοράς ορισμένων μονάδων πωλήσεων ή ομαδοποιημένων πακέτων προκειμένου να αποφευχθεί ο φυσικός χειρισμός και οι ζημιές. Δεν περιλαμβάνει εμπορευματοκιβώτια οδικών, σιδηροδρομικών, πλοίων και εμπορευματικών μεταφορών	Προστασία, πληροφορίες, χειρισμός, ασφάλεια
Βιομηχανική	Business-to-business	Χρησιμοποιείται για μεταφορά και διανομή προϊόντων για βιομηχανική χρήση	Προστασία, πληροφορίες, χειρισμός, ασφάλεια

Είδη συσκευασίας με βάση την ελαστικότητα του υλικού:

- Οι εύκαμπτες (flexible) συσκευασίες κατασκευάζονται από φύλλο εύκαμπτου υλικού και δεν έχουν καθορισμένο σχήμα, όπως για παράδειγμα τα χάρτινα σακιά που περιέχουν αλεύρι, οι πλαστικές σακούλες που περιέχουν πατατάκια, οι πλαστικές ή χάρτινες τσάντες μεταφοράς αγαθών.
- Οι ημίσκληρες (semi-rigid) συσκευασίες είναι δυνατόν να αλλάξουν σχήμα και να υποστούν παραμόρφωση, όταν πιεστούν με τα χέρια (κουτιά από χαρτόνι, π.χ. τα χαρτονένια κουτιά των δημητριακών και άλλων προϊόντων διατροφής όπως και ορισμένα πλαστικά δοχεία), σε αντίθεση με τις δύσκαμπτες που διατηρούν το σχήμα τους (γυάλινα και μεταλλικά δοχεία).
- Οι άκαμπτες-σκληρές (rigid) συσκευασίες διαθέτουν ορισμένο σχήμα (π.χ. μεταλλικές κονσέρβες, γυάλινες φιάλες και πλαστικά δοχεία).

Είδη συσκευασίας με βάση το πλήθος υλικών μιας συσκευασίας:

- Μονοϋλικό: αναφέρεται σε συσκευασίες που κατασκευάζονται από ένα μόνο υλικό
- Πολυϋλικό: αναφέρεται σε συσκευασίες που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα υλικά.

Ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα επιλέγονται τα εκάστοτε υλικά συσκευασίας, τα οποία διακρίνονται σε κατηγορίες, όπως το χαρτί και οι πλαστικές μεμβράνες για την εύκαμπτη συσκευασία, το χαρτόνι και τα μεταλλικά φύλλα για δύσκαμπτους περιέκτες κ.α.

Οικονομία της συσκευασίας:

Η συσκευασία επηρεάζει συνολικά τη σύγχρονη οικονομία καθώς μέσω εκείνης διαφοροποιείται συχνά το κόστος και η ζήτηση πρώτων υλών και διαφόρων προϊόντων. Επιπλέον, υπάρχει το κόστος της απόρριψης, το οποίο επιβαρύνει όλους τους καταναλωτές, έμμεσα ή άμεσα και φυσικά το κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς. Η απόρριψη συνεπάγεται επιπλέον κόστος για τους καταναλωτές, τις τοπικές αρχές και τις εταιρίες-παραγωγούς. Οι εταιρίες καθώς πληρώνουν άμεσα αυτό το κόστος έχουν και μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την ανακύκλωση και την ανάκτηση υλικών. Παράλληλα, υπάρχουν και άλλα κόστη συναφή με τη χρήση γης για χωματερές, με την καύση, και γενικά με την επακόλουθη μόλυνση του περιβάλλοντος μέσω αυτών των ενεργειών. Υπάρχουν επίσης οικονομικά συμφέρουσες λύσεις απόρριψης των συσκευασιών, όπως εκείνη της ανακύκλωσης, εφόσον το όφελος από την χρήση των ανακυκλωμένων υλικών είναι μεγαλύτερο από το συνολικό κόστος συγκομιδής, διαχωρισμού, μεταφοράς και επανεπεξεργασίας τους. (Καναβούρας, 2015). Το σύνολο αυτών των θεμάτων μελετάται διεξοδικά από το LCC (Life-Cycle Costs), το οποίο θα παρουσιαστεί στο 4ο Κεφάλαιο.

Είδη υλικών συσκευασίας

Ανάλογα με την εφαρμογή και το είδος που συσκευάζεται, επιλέγεται και το υλικό κατασκευής της συσκευασίας, καθώς και η κατάλληλη μορφή, όπως:

- Γυαλί: αμπούλες, φιάλες, βάζα, πώματα
- Μέταλλο: σωληνάρια, κουτιά, κάνιστρα, δίσκοι, σκαφίδια, κύπελλα, πώματα, τελάρα, παλέτες, ετικέτες
- Πλαστικό: περιτύλιγμα, φάκελοι, σακίδια, σάκοι, σακούλες, σωληνάρια, αμπούλες, φιάλες, βάζα, κουτιά, κάνιστρα, διπλωτά κουτιά, κιβώτια, βαρέλια, δίσκοι, σκαφίδια, κύπελλα, πώματα, τελάρα, παλέτες, ετικέτες
- Χαρτί: περιτύλιγμα, φάκελοι, σακίδια, σάκοι, σακούλες, ετικέτες
- Χαρτόνι: κουτιά, κάνιστρα, διπλωτά κουτιά, κιβώτια, βαρέλια, δίσκοι, σκαφίδια, κύπελλα, παλέτες
- Ξύλο: κιβώτια, βαρέλια, τελάρα, παλέτες
- Ύφασμα: σακίδια, σάκοι, σακούλες (Καρακασίδης, 1999).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κυριότερα υλικά συσκευασίας:

Χαρτί / χαρτόνι

Το χαρτί καταλαμβάνει ένα μεγάλο ποσοστό στα υλικά συσκευασίας, καθώς έχει χαμηλό κόστος, χαμηλό βάρος, και παρέχει τη δυνατότητα εξαιρετικής εκτύπωσης. Επιπλέον έχει μεγάλη διαθεσιμότητα, είναι φυσικό υλικό και ελάχιστα ρυπογόνο σε σχέση με τα άλλα υλικά συσκευασίας και ανακυκλώνεται εύκολα.

Η σύσταση του χαρτιού βασίζεται στην κυτταρίνη. Η πρώτη ύλη στην κατασκευή του χαρτιού είναι ένας πολτός (χημικός, μηχανικός και ημιχημικός πολτός) που μπορεί να αποτελείται από μάζα ινών ξύλου, βαμβακιού, λιναριού, μπαμπού και άλλων φυτών με νερό, διάφορα πρόσθετα (για χρώμα, αδιαπερατότητα κ.λπ.) και κατά περίπτωση από παλαιό χαρτί (ανακυκλωμένο) (Μπαδέκα, 2012). Στη συνέχεια, ο πολτός μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία με μια από τις ακόλουθες μεθόδους, μέθοδος Fourdiner, μέθοδος κυλίνδρων (Καναβούρας, 2015). Όλα τα είδη χαρτιών υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία μετά την κατασκευή τους, όπως δημιουργία ανάγλυφης υφής, λαμινάρισμα και μορφοποίηση σε διάφορα σχήματα και μεγέθη. Επίσης, κάποιες επιπλέον επεξεργασίες είναι η εφαρμογή κόλλας, χρωστικών κτλ. Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα, που αυξάνουν την ευλυγισία, την αντοχή στο λίπος και στα έλαια, την ικανότητα σφραγίσματος, την εμφάνιση, την ικανότητα εκτύπωσης και τις ιδιότητες φραγμού στο οξυγόνο και στην υγρασία. Για τον φραγμό στην υγρασία, δημιουργούνται επιστρώσεις που παρέχουν επιπλέον, σταθερότητα και ευκαμπτότητα. Επίσης, χρησιμοποιούνται παράγωγα κυτταρίνης, συμπολυμερή βινυλίου, πολυαμίδια, πολυεστέρες και συμπολυμερή βουταδιενίου-στυρολίου.

Το χαρτί συσκευασίας χρησιμοποιείται για την συσκευασία προϊόντων που προορίζονται για αρτοποιεία, ζαχαροπλαστεία, κρεοπωλεία, τυροπωλεία, προϊόντα fast food, οπωροπωλεία και καταστήματα με είδη δώρων. Ειδικά στη συσκευασία τροφίμων, εκτός από το απλό χαρτί, χρησιμοποιείται και το πλαστικοποιημένο, όπου η εσωτερική πλευρά του είναι επικαλυμμένη με μεμβράνη πλαστικού. Οι διαστάσεις και το βάρος του χαρτιού συσκευασίας που χρησιμοποιείται για την περιτύλιξη τροφίμων καθορίζονται ανάλογα με το βάρος του προϊόντος που πρόκειται να συσκευαστεί.

Το χαρτόνι αποτελείται από μεγαλύτερο βάρος και πάχος από το χαρτί, είναι επίσης σκληρότερο και πιο ανθεκτικό από αυτό. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ISO, ως χαρτί ορίζεται το χαρτί που έχει βάρος πάνω από 250 g/m². Σε μερικές χώρες, όπως η Μ. Βρετανία, ως χαρτόνι θεωρείται εκείνο το προϊόν από χαρτί, του οποίου το βάρος υπερβαίνει τα 200 250 g/m² (πάχος 0,25 mm). Σήμερα γίνεται διεθνώς αποδεκτό ότι χαρτόνια ονομάζονται τα χαρτιά βάρους 180 – 600 250 g/m² (Καναβούρας, 2015).

Τα πλέον αποτελεσματικά και ευπροσάρμοστα μέσα συσκευασίας είναι τα χαρτοκιβώτια, τα οποία επιπλέον παρέχουν προστασία έναντι της μόλυνσης και της θραύσης. Χαρακτηρίζονται ως υλικό 100% ανακυκλώσιμο και χρησιμοποιούνται συχνά ως πρώτη ύλη για την κατασκευή χαρτιών και χαρτονιών.

Τα πιο συνηθισμένα είδη χαρτονιών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κουτιών είναι:

1. Συμπαγές χαρτόνι: Το συμπαγές χαρτόνι αποτελείται από ένα ή περισσότερα στρώματα λευκασμένης ή μη χαρτόμαζας. Διακρίνονται δύο είδη:
 - Συμπαγές λευκασμένο χαρτόνι (solid bleached board) – Αποτελείται αποκλειστικά από λευκασμένη χαρτόμαζα και είναι σκληρό και ανθεκτικό. Χρησιμοποιείται στην συσκευασία καλλυντικών, φαρμακευτικών ειδών, τροφίμων και τσιγάρων, σε βάρος που κυμαίνεται από 180 - 400 g/m². Χαρτόνι αυτού του τύπου με 150 – 400 g/m² χρησιμοποιείται λαμιναρισμένο με πολυμερή (π.χ. πολυαιθυλένιο) ή/και αλουμίνιο, για την συσκευασία γάλακτος, φρούτων, υγρών τροφίμων, όπως σουπές και χυμοί (συσκευασία tetra pack) λόγω των ιδιαίτερα καλών ιδιοτήτων (αδιαπερατότητα σε φως, υγρασία, οξυγόνο).
 - Συμπαγές αλεύκαστο χαρτόνι (unbleached solid board) – έχει λευκασμένη μόνο την εξωτερική του πλευρά ενώ τα ενδιάμεσα ή/και εσωτερικά του στρώματα έχουν καφέ χρώμα. Είναι ανθεκτικό, σκληρό, και κατάλληλο για τη συσκευασία βαρέων και ακριβών αντικειμένων, όπως οι οικιακές συσκευές, ηλεκτρονικά είδη και άλλα. Το βάρος του κυμαίνεται από 300 – 520 g/m².
2. Διπλό χαρτόνι (duplex board ή folding – boxboard): Η εξωτερική πλευρά του χαρτονιού αυτού είναι συνήθως “σιδερωμένη” (machine glazed) και επίσης είναι συνήθως επιχρισμένη για καλύτερη εκτύπωση, ενώ η εσωτερική του πλευρά είναι λευκή ή μεζ χρώματος. Τα χαρτόνια αυτά γίνονται με τη συσσωμάτωση δύο ή και τριών υγρών ακόμα ιστών, που δημιουργούνται από ανεξάρτητες χαρτοποιητικές μηχανές, οπότε υπάρχει και η επιλογή της ομοιομορφίας ή της διαφορετικής σύστασης των ιστών ανά μηχανή, ενώ υπάρχει και η περίπτωση χρήσης λευκασμένων ιστών. Τα χαρτιά αυτά έχουν βάρη μεταξύ 200 - 400 g/m² και χρησιμοποιούνται συνήθως στην συσκευασία τροφίμων.
3. Τριπλό χαρτόνι (triplex board ή foodboard): Η διαφορά του με το προηγούμενο είναι ότι και τα δύο εξωτερικά του στρώματα είναι από λευκασμένο πολτό. Βρίσκει εφαρμογή στην συσκευασία ακριβών προϊόντων, όπως τσιγάρων και καλλυντικών, γλυκισμάτων, κατεψυγμένων κ.α.
4. Φθηνό χαρτόνι με λευκασμένη την εξωτερική του πλευρά (Whiteline Chipboard): Το χαρτόνι αυτό είναι λευκασμένο από την μια του μεριά, συχνά επιχρισμένο και γκρι ή ελαφρώς γκρι στην εσωτερική του πλευρά. Η εξωτερική του πλευρά αποτελείται από

λευκασμένη χαρτόμαζα, ενώ οι εσωτερικές τους στρώσεις (όπως και πολύ συχνά και η εσωτερική του πλευρά) από ανακυκλωμένη χαρτομάζα. Είναι χαρτόνι λιγότερο άκαμπτο από το διπλό χαρτόνι (folding – boxboard) (για το ίδιο βάρος επιφάνειας) και φθηνότερο. Κατά μέσο όρο έχουν βάρος περί τα 300 g/m². Χρησιμοποιείται στην συσκευασία απορρυπαντικών, ειδών οικιακής χρήσης και χειροτεχνίας κ.α., ενώ δεν είναι κατάλληλο στην συσκευασία τροφίμων (κυρίως λόγω του ανακυκλωμένου μέρους του).

5. Κυματοειδές χαρτόνι: Το κυματοειδές χαρτί χρησιμοποιείται στην πλέον διαδεδομένη μορφή συσκευασίας, τα χαρτοκιβώτια δευτερογενούς αλλά και πρωτογενούς συσκευασίας. Πάνω από το 90% των προϊόντων διακινούνται σήμερα σε χαρτοκιβώτια κυματοειδούς χαρτιού. Το κυματοειδές χαρτόνι παράγεται κολλώντας ένα κυματοειδές χαρτί πάνω σε ένα, ή μεταξύ δύο επίπεδων χαρτιών. Αυτή η δομή είναι που προσδίδει την εξαιρετική αντοχή του υλικού σε πιέσεις. Η αντοχή αυτή είναι η μέγιστη δυνατή εφόσον η δύναμη εφαρμόζεται παράλληλα με την ράχη των κυμάτων και τα κύματα είναι προσανατολισμένα κάθετα στο κουτί. Διακυμάνσεις στην αντοχή επιτυγχάνονται με την επιλογή περισσότερων στρωμάτων αλλά και μέσα από τη χρήση κυματοειδών υλικών διαφορετικής αντοχής (ειδικό τύπο χαρτιού – «Kraft», μη ανακυκλωμένα ή «παρθένα» υλικά). Ο τύπος των κυμάτων παίζει επίσης πολύ σημαντικό ρόλο στην αντοχή του υλικού. Τα στοιχεία που περιγράφουν τον κάθε τύπο είναι κυρίως ο αριθμός των κυμάτων ανά μονάδα μήκους, το ύψος του κύματος και το συνολικό του πάχος. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των κυμάτων ανά μονάδα μήκους, τόσο πιο ισχυρή είναι η δομή σε κάθετη πίεση (π.χ. αντοχή σε στοίβαγμα πάνω σε παλέτα), με αποτέλεσμα να καμπουριάζουν και να σπάνε δύσκολα, καθιστώντας τα πολύ καλά προστατευτικά υλικά κυρίως κατά τη στοίβαξη. Δομές με μεγάλους αριθμούς κυμάτων ανά μονάδα μήκους (E, F), επιδεικνύουν μεγαλύτερη αντοχή όταν η πίεση ασκείται κάθετα στην επιφάνεια των κυμάτων (π.χ. κατά την εκτύπωση της επιφάνειας των χαρτοκιβωτίων). Δομές προστατευτικών υλικών από κυματοειδές χαρτόνι μπορούν να κατασκευαστούν σε διάφορα σχήματα, με ανάλογη κοπή και αναδίπλωση του χαρτονιού ώστε να γεμίσει τα κενά μεταξύ περιέκτη και προϊόντος επιτυγχάνοντας παράλληλα και τον σωστό προσανατολισμό των κυμάτων ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αντοχή στους κινδύνους κατά την διακίνηση (Καναβούρας, 2015).

Γυαλί

Το φυσικό γυαλί, όπως ο οψιδιανός, έχει χρησιμοποιηθεί από την λίθινη εποχή. Σύμφωνα με τον Πλίνιο τον Πρεσβύτερο, οι Φοίνικες κατασκεύασαν το πρώτο γυαλί. Οι ίδιοι χρησιμοποίησαν το γυαλί ως λούστρο για την αγγειοπλαστική από το 3000 π.Χ. Εντούτοις, υπάρχουν αρχαιολογικά στοιχεία που δείχνουν ότι το πρώτο γυαλί κατασκευάστηκε στη Μεσοποταμία. Το γυαλί κατασκευάστηκε επίσης από ιθαγενείς Αμερικανούς.

Το χρώμα του φυσικού γυαλιού είναι γαλαζωπό έως πράσινο, κάτι που οφείλεται στις προσμίξεις του σιδήρου που υπάρχουν φυσικά στην άμμο. Το κοινό γυαλί σήμερα συνήθως έχει μια πράσινη ή μπλε απόχρωση, που προκύπτει από τις ίδιες προσμίξεις. Οι παραγωγοί του γυαλιού έμαθαν να φτιάχνουν έγχρωμο γυαλί με την προσθήκη μεταλλικών ενώσεων και ορυκτών οξειδίων και έτσι παράχθηκαν τα λαμπρά χρώματα του κόκκινου, πράσινου, μπλε και τα χρώματα των πολύτιμων λίθων. Το σημαντικότερο γεγονός στην ιστορία του γυαλιού ήταν η ανακάλυψη της μορφοποίησής του με φύσημα. Γύρω στον πρώτο αιώνα μ.Χ., οι Σύριοι τεχνίτες διαπίστωσαν ότι το molten glass θα μπορούσε να διογκωθεί σε διαφορετικά σχήματα, μεγέθη και πάχη, γεγονός που οδήγησε στη μαζική παραγωγή και την ευρεία διαθεσιμότητα όλων των τύπων γυάλινων δοχείων.

Στη σημερινή εποχή, η πιο γνωστή μορφή γυαλιού είναι αυτό με βάση το πυρίτιο, που χρησιμοποιείται για τα οικιακά αντικείμενα. Παράγεται όταν το τηγμένο υλικό ψυχθεί με μεγάλη ταχύτητα κάτω από τη θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης (T_g), ώστε να μην υπάρχει αρκετός χρόνος για να διαμορφωθεί ένα κανονικό κρυσταλλικό πλέγμα. Το γυαλί είναι ένα βιολογικά αδρανές δηλαδή ανενεργό υλικό, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση λείων, ομαλών και αδιαπέραστων επιφανειών. Όταν υποστεί πίεση ή τάση το γυαλί είναι εύθραυστο.

Σημειώνεται ότι κατασκευάζεται με σύντηξη φυσικών ορυκτών όπως άμμος (70-72% διοξειδίου πυριτίου SiO_2), ανθρακικό νάτριο ($NaCO_3$) και ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$) σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (έως $2500^\circ C$). Η σύσταση του δείχνει ότι πρόκειται για ένα πλήρως ανακυκλώσιμο υλικό, καθώς η πρώτη ύλη του (άμμος) είναι άφθονη εφόσον το 27,72% του φλοιού της Γης αποτελείται από Si, το δεύτερο σε ποσότητα στοιχείο μετά το οξυγόνο. Περίπου το 70% της συνολικής κατανάλωσης γυαλιού χρησιμοποιείται για εφαρμογές συσκευασίας.

Οι ιδιότητες του γυαλιού μπορούν να τροποποιηθούν ή να αλλάξουν με την προσθήκη άλλων συστατικών ή με θερμική επεξεργασία. Η πιο κοινή μορφή γυαλιού είναι το γυαλί ανθρακικού νατρίου-ασβεστίου, το οποίο περιέχει σχεδόν 30% νάτριο και οξείδια ή ανθρακικά άλατα ασβεστίου. Το Pyrex είναι γυαλί που περιέχει το βορικό οξείδιο περίπου κατά 10%. Μια άλλη μορφή γυαλιού περιέχει ένα ελάχιστο του οξειδίου μολύβδου στο 24%. Η σημαντικότερη πρώτη ύλη του γυαλιού είναι η άμμος (ή "άμμος χαλαζία") που περιέχουν σχεδόν 100% κρυσταλλικού πυριτίου υπό μορφή χαλαζία. Μπορεί ακόμα να περιέχει ένα μικρό ποσοστό (λιγότερο από 1%) οξειδίων του σιδήρου που χρωματίζουν το τελικό προϊόν, ωστόσο πριν την παραγωγή μειώνεται το ποσό των οξειδίων του σιδήρου σε λιγότερο από 0,05 %. Το συνθετικό άμορφο πυρίτιο, μια καθαρή μορφή σχεδόν 100% χαλαζία, είναι η πρώτη ύλη για τα ακριβότερα εξειδικευμένα γυαλιά.

Εφαρμογές του γυαλιού στη συσκευασία:

Το γυαλί είναι ένα αδρανές υλικό, που είναι αδιαπέραστο από αέρια και ατμούς, οπότε είναι ένας εξαιρετικός και εντελώς ουδέτερος φραγμός οξυγόνου όταν έρχεται σε επαφή με τρόφιμα. Πάνω από 75 δισεκατομμύρια γυάλινα δοχεία χρησιμοποιούνται ετησίως στη βιομηχανία τροφίμων, αποτελώντας την κύρια χρήση για κρασιά, χυμούς, παιδικές τροφές και αναψυκτικά. Τα γυάλινα δοχεία μπορεί να είναι φιάλες (τα πιο χρησιμοποιημένα), όπως νερό, χυμοί, αναψυκτικά, γάλα, αλκοολούχα ποτά, λάδι κλπ., βάζα για συσκευασία τροφίμων που διατηρούνται με αποστείρωση όπως μέλι, γιαούρτι, γλυκά, ποτήρια, αμπούλες, βάζα κλπ. Το υλικό δεν χρησιμοποιείται για συσκευασία κατεψυγμένων προϊόντων λόγω του κινδύνου θραύσης του. Επιπλέον είναι βαρύ υλικό και απαιτεί πολλή ενέργεια για την κατασκευή του.

Μέταλλο

Αν και διάφορα μέταλλα, όπως ο χαλκός, ο σίδηρος και ο κασσίτερος χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα με τα κεραμικά υλικά, άρχισαν να έχουν σημαντικό ρόλο στη συσκευασία σε μεταγενέστερη εποχή. Σε πολλές περιπτώσεις, τα μεταλλικά δοχεία αποδείχθηκαν ισχυρότερα και πολύ πιο ανθεκτικά από άλλα υλικά.

- **Χάλυβας:** Ο χάλυβας προέρχεται από φυσικό μέταλλο σιδήρου που τήκεται στους 1400°C περίπου. Είναι κράμα σιδήρου που βρίσκεται σε αφθονία και αποτελεί το 5% του φλοιού της Γης. Ο σίδηρος χρησιμοποιείται συνήθως σε ακάθαρτη μορφή και περιέχει άνθρακα. Τα κράματα χάλυβα για ειδικές εφαρμογές απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία και προσθήκη άλλων προσμίξεων, όπως χρώμιο, νικέλιο, βολφράμιο, βανάδιο και τιτάνιο για την ενίσχυση των φυσικών ή / και χημικών ιδιοτήτων τους. Για τις εφαρμογές της συσκευασίας, τα μεταλλικά δοχεία συσκευασίας κατασκευάζονται από φύλλο χάλυβα επικαλυμμένο με κασσίτερο για προστασία από τη διάβρωση, ειδικά όταν περιέχουν προϊόντα με χαμηλό pH. Πρόκειται για ένα αδιαφανές υλικό που αποτελεί ένα πλεονέκτημα για τα τρόφιμα που είναι ευαίσθητα στο φως. Κύρια χρήση τους είναι η συντήρηση κονσερβοποιημένων τροφίμων και ποτών. Ιστορικά, αναφέρεται ότι το βρετανικό ναυτικό άρχισε να χρησιμοποιεί τα δοχεία κασσίτερου ευρέως στις αρχές της δεκαετίας του 1800 και τα κονσερβοποιημένα τρόφιμα άρχισαν να εμφανίζονται στα αγγλικά καταστήματα το 1830 περίπου, ενώ τα μεταλλικά δοχεία συσκευασίας (κασσίτερου-χάλυβα) χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο.
- **Αλουμίνιο:** Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για κονσερβοποίηση λόγω του χαμηλού βάρους και κόστους και της ικανότητάς του να ανακυκλώνεται. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συσκευασίες, πόματα μπουκαλιών, περιτυλίγματα και ελασματοποιημένα φύλλα. Σημειώνεται ότι περίπου το 25% της συνολικής κατανάλωσης αλουμινίου χρησιμοποιείται για εφαρμογές συσκευασίας. Αναφέρεται ότι η Adolph Coors Company ήταν η πρώτη αμερικανική εταιρεία ζυθοποιίας που συσκεύασε μύρα σε δοχείο αλουμινίου το 1959.
Το αλουμίνιο έχει παρόμοιες ιδιότητες φραγμού με το χάλυβα αλλά διαθέτει το πλεονέκτημα ότι είναι ανθεκτικό στη διάβρωση. Το αλουμίνιο ως πρώτη ύλη είναι άφθονο, καθώς αποτελεί το 8,13% του φλοιού της γης. Δεν υπάρχει ως ελεύθερο μέταλλο αλλά με την μορφή των πυριτικών αλάτων, από τα οποία η εξαγωγή είναι ακριβή. Η εμπορική παραγωγή αλουμινίου βασίζεται στο βωξίτη, ο οποίος τήκεται σε ηλεκτρικούς φούρνους σε

θερμοκρασίες περίπου 800°C. Έτσι, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για την κατασκευή αλουμινίου είναι πολύ υψηλή. Ωστόσο, οι κύριες εγκαταστάσεις τήξης αλουμινίου βρίσκονται σε χώρες όπως η Νορβηγία, ο Καναδάς και η Σκωτία, όπου χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (όπως υδραυλική ενέργεια). Επίσης, λόγω του ότι είναι εύκολα ανακυκλώσιμο τυχόν ελλείψεις του στην αγορά είναι πάντα βραχυπρόθεσμες.

Πλαστικό

Τα πλαστικά υλικά κατέχουν ίσως το μεγαλύτερο μερίδιο στην παραγωγή υλικών συσκευασίας παγκοσμίως. Το 1869 εφευρέθηκε το πρώτο συνθετικό πολυμερές από τον John Wesley Hyatt σε μία προσπάθεια αντικατάστασης του ελεφαντόδοντου, προκειμένου να αποφευχθεί η θανάτωση άγριων ελεφάντων, καθώς και άλλων άγριων ζώων κάτι που ήταν σύνηθες εκείνη την εποχή. Η εφεύρεση αυτή έγινε στα πλαίσια ενός διαγωνισμού που έκανε μία Αμερικάνικη εταιρεία με έπαθλο 10.000\$ σε όποιον θα κατάφερνε να βρει ένα υποκατάστατο του ελεφαντόδοντου. Κατά την επεξεργασία της κυτταρίνης, που προέρχεται από ίνες βαμβακιού, η Hyatt δημιούργησε ένα πλαστικό, που θα μπορούσε να μορφοποιηθεί σε μια ποικιλία σχημάτων για να μιμηθεί φυσικές ουσίες όπως αυτές που υπάρχουν στο κέλυφος της χελώνας, τα κέρατα ζώων και το ελεφαντόδοντο. Μέσω αυτής της εφεύρεσης φάνηκε να επωφελείται τόσο ο άνθρωπος, όσο και το περιβάλλον και η κυτταρίνη χαρακτηρίστηκε τότε ως ο σωτήρας των ζώων, όπως του ελέφαντα και της χελώνας. Επιπλέον η χρήση της διαδόθηκε γρήγορα, καθότι είχε χαμηλό κόστος και ήταν προσιτή σε σχέση με άλλα υλικά.

Στις αρχές του 20ου αιώνα παράχθηκε το πρώτο πλήρες συνθετικό υλικό, ο «βακελίτης» που είναι ένα θερμοσκληρυνόμενο πολυμερές της ρητίνης PF (phenol – formaldehyde). Παρασκευάστηκε για πρώτη φορά στην Νέα Υόρκη από τον χημικό Leo Baekeland, ο οποίος έψαχνε ένα υποκατάστατο της γομαλάκας, που αποτελεί ένα φυσικό μονωτικό υλικό. Αποδείχθηκε πως ο βακελίτης διαθέτει και άλλα πλεονεκτήματα, όπως η υψηλή αντοχή και η ανθεκτικότητα στη θερμότητα. Επιπλέον, μπορούσε να παραχθεί μαζικά από τη βιομηχανία.

Πράγματι, μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η παραγωγή πλαστικών στην Νέα Υόρκη αυξήθηκε. Οι καλές ιδιότητες των πλαστικών δημιούργησαν ένα σχεδόν ουτοπικό όραμα για ένα μέλλον με άφθονο υλικό πλούτο χάρη σε μια φθηνή και ασφαλή πρώτη ύλη, που θα μπορούσε να διαμορφωθεί σύμφωνα με τη ζήτηση. Κατά συνέπεια, η επιτυχία του πλαστικού ως υλικό διαμόρφωσε την ανάπτυξη της σύγχρονης κοινωνίας και έθεσε σε αμφισβήτηση τα παλαιότερα υλικά για πολλές από τις καθιερωμένες χρήσεις τους. Πολλές εφαρμογές έγιναν προσιτές σε ποικίλους τομείς, όπως στην υγειονομική περίθαλψη, τη γεωργία, τις μεταφορές, τις κατασκευές και τις συσκευασίες (Science History Institute).

Πολυμερή:

Στον όρο πλαστικά περιλαμβάνονται πολλά και διαφορετικά υλικά με βάση τα πολυμερή. Τα πολυμερή είναι μακρομόρια (μόρια με υψηλό μοριακό βάρος) που σχηματίζονται από την συνεχή επανάληψη απλών δομικών μονάδων που ονομάζονται μονομερή.

Ανάλογα με την προέλευση τους, τα πολυμερή ταξινομούνται σε:

- Φυσικά πολυμερή (natural polymers)
- Ημισυνθετικά πολυμερή (artificial polymers)
- Συνθετικά πολυμερή (synthetic polymers)

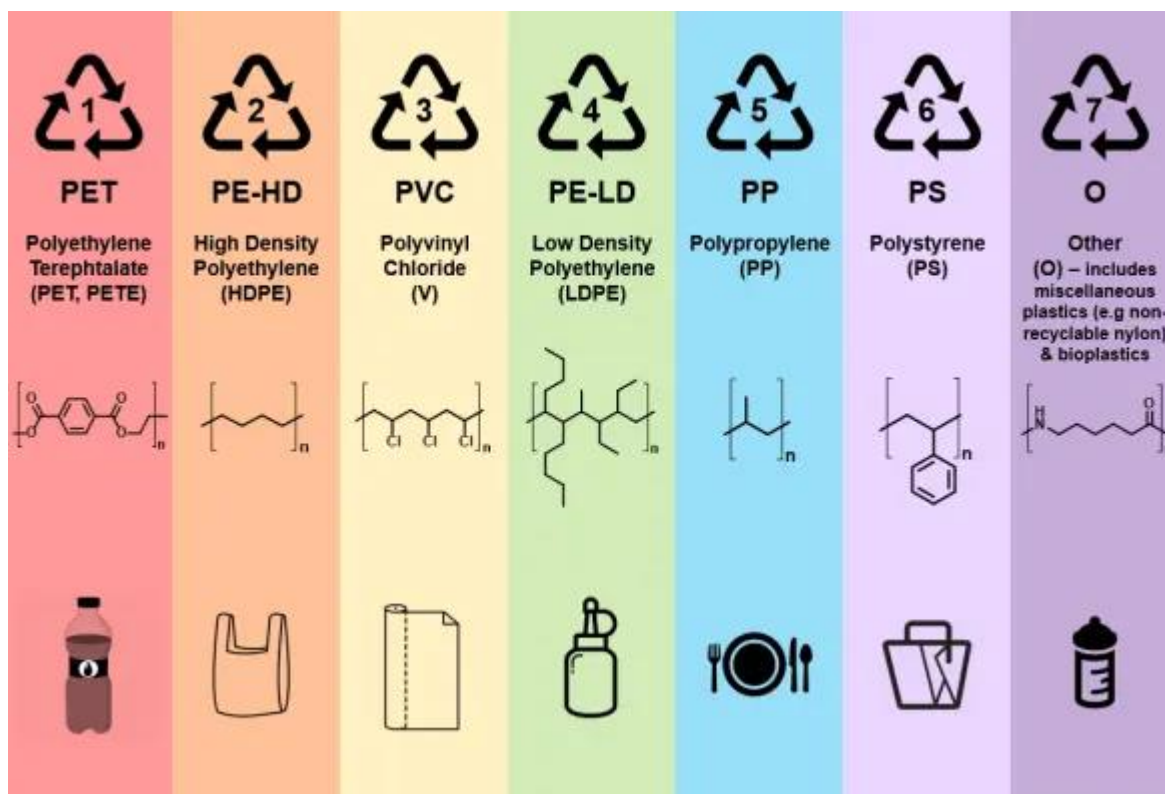
Ανάλογα με τη μηχανική συμπεριφορά τους όταν υποστούν θέρμανση, τα πολυμερή διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Θερμοπλαστικά (thermoplastics)
- Θερμοσκληρυνόμενα (thermo sets)
- Ελαστομερή (elastomers)

Θερμοπλαστικά:

Τα θερμοπλαστικά είναι πολυμερή, που όταν θερμαίνονται πάνω από μια ορισμένη θερμοκρασία (θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης), εφόσον είναι άμορφα, ή πάνω από την θερμοκρασία τήξης, εφόσον είναι κρυσταλλικά, μαλακώνουν και στην συνέχεια λιώνουν και με την εφαρμογή πίεσης αποκτούν το επιθυμητό σχήμα. Η μορφοποίηση πραγματοποιείται είτε μέσα σε μήτρες (καλούπια) για την παραγωγή συγκεκριμένων αντικειμένων είτε με τη διέλευση του μαλακού πλαστικού μέσα από μήτρα για την παραγωγή συνεχούς προϊόντος (ίνες, μεμβράνες, σωλήνες). Τα θερμοπλαστικά πολυμερή είναι γραμμικά ή διακλαδωμένα πολυμερή και διατηρούν τη δομή αυτή και μετά τη μορφοποίηση. Τα θερμοπλαστικά μπορούν να επαναμορφοποιηθούν μετά από θέρμανση και τήξη και μάλιστα η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές, οπότε τα υλικά αυτά μπορούν να ανακυκλωθούν.

Κοινά θερμοπλαστικά υλικά αποτελούν το πολυαιθυλένιο (PE), το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC), τα πολυπροπυλένια (PP), το πολυστυρόλιο (PS). Ο τύπος του χρησιμοποιούμενου υλικού εξαρτάται από την τελική εφαρμογή, η οποία μπορεί να είναι φιάλες, δοχεία, μεμβράνες ή επικαλύψεις. Για την παραγωγή αυτών των δομών, τα μονομερή πολυμερίζονται μέσω διαδικασιών πολυμερισμού προσθήκης ή συμπύκνωσης. Συχνός είναι ο συνδυασμός διαφόρων πολυμερών υλικών π.χ. ένα μπουκάλι κατασκευασμένο από PET με βιδωτό πάμα από PVC. Για να επιτευχθεί η ανθεκτικότητα του τελικού προϊόντος προστίθενται ουσίες για αύξηση της αντοχής στη θερμότητα και στους κραδασμούς, όπως πληρωτικά, πλαστικοποιητές, επιβραδυντικά φλόγας, θερμικοί σταθεροποιητές, φίλτρα UV, αντιμικροβιακοί παράγοντες και χρωστικές. Τα παραπάνω μπορούν επίσης να προστεθούν για να βελτιώσουν την απόδοση, την εμφάνισή αλλά και για την προστασία της ποιότητας των τροφίμων που περιέχονται στην πλαστική συσκευασία.



Εικόνα 4. Διεθνή σύμβολα με αριθμούς και επωνυμίες που αφορούν τα είδη των πλαστικών και κάποιες από τις συνήθεις εφαρμογές τους στην συσκευασία.

Πολυπροπυλένιο (PP):

Το πολυπροπυλένιο παράγεται με πολυμερισμό του προπυλενίου κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, παρουσία οργανομεταλλικών καταλυτών. Ανάλογα με το καταλυτικό σύστημα, που θα χρησιμοποιηθεί, παράγεται το ισοτακτικό πολυπροπυλένιο (i-PP), το συνδυοτακτικό πολυπροπυλένιο (syn-PP) και το ατακτικό πολυπροπυλένιο (a-PP). Το εμπορικό PP είναι κυρίως ισοτακτικό (90-95%) και έχει ένα μέσο μοριακό βάρος από 40.000 έως 60.000 με δείκτη πολυδιασποράς 6-12. Το ομοπολυμερές PP αποτελείται συνήθως από ένα μίγμα άμορφου και κρυσταλλικού υλικού σε αναλογία 50:50 με πυκνότητα 0.85 και 0.94 αντίστοιχα. Η πυκνότητα επομένως του εμπορικού PP είναι γύρω στο 0.90 πάντα μικρότερη του νερού, άρα σχοινιά από PP μπορούν να επιπλέουν στην θάλασσα. Το PP έχει πολύ καλή αντοχή στους διαλύτες και υψηλή ηλεκτρική αντίσταση, αλλά είναι ευαίσθητο στην οξειδωτική αποικοδόμηση. Το PP είναι συνήθως αδιαφανές με τη μορφή όμως διαξονικά προσανατολισμένων μεμβρανών (BOPP) γίνεται διαφανές με πολλές εφαρμογές. Το μονοαξονικά προσανατολισμένο φιλμ (UOPA) σκίζεται εύκολα οπότε από αυτό παράγονται ταινίες (sellotape) ή νήματα. Αντικείμενα που παράγονται από PP, πάντα με μηχανές έγχυσης, αντέχουν μέχρι τους 140°C (αποστείρωση), γι' αυτό και χρησιμοποιούνται αρκετά σε διάφορες ιατρικές εφαρμογές.

Πίνακας 3. Το πολυπροπυλένιο παρουσιάζει τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Καραγιαννίδης, 2006):

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Μορφοποιείται με όλες τις θερμοπλαστικές μεθόδους	Διασπάται από την υπεριώδη ακτινοβολία
Εμφανίζει χαμηλό συντελεστή τριβής	Έχει μικρή αντοχή στη γήρανση με τον καιρό (weatherability)
Εξαιρετική ηλεκτρική μόνωση	Είναι εύφλεκτο (ωστόσο κυκλοφορούν και άφλεκτες ποιότητες)
Καλή αντοχή στην κόπωση	Προσβάλλεται από χλωριωμένους και αρωματικούς διαλύτες
Εξαιρετική αντοχή στην υγρασία	Κολλάει δύσκολα με άλλα υποστρώματα
Αντοχή στην τριβή	Υφίσταται οξειδωτική διάσπαση καταλυόμενη από διάφορα μέταλλα
Είναι διαθέσιμο σε καλή ποιότητα	
Χρήση σε θερμοκρασία έως 125°C	
Πολύ καλή χημική αντοχή	
Εξαιρετική αντοχή στην κάμψη	
Καλή αντοχή στην κρούση	

Πολυαιθυλένιο (PE):

Το πολυαιθυλένιο αποτελεί ένα θερμοπλαστικό πολυμερές με το μεγαλύτερο όγκο παραγωγής παγκοσμίως. Διατίθεται στην αγορά σε μια μεγάλη ποικιλία τύπων, που ο καθένας, εξαιτίας των διαφορετικών ιδιοτήτων, προορίζεται για κάποια άλλη εφαρμογή. Η διαφορετικότητα των τύπων πολυαιθυλενίου οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο πολυμερισμού του μονομερούς αιθυλενίου ή στην παρουσία μικρής ποσότητας κάποιου άλλου συμμοномерού μέσα στη μακρομοριακή αλυσίδα. Το πρώτο πολυαιθυλένιο που παρασκευάστηκε, ήταν ουσιαστικά ένα ολιγομερές εξαιτίας της δυσκολίας πολυμερισμού του μονομερούς αιθυλενίου. Έτσι για την παραγωγή PE μεγάλου μοριακού βάρους χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Το PE που παράχθηκε με τον τρόπο αυτό είχε στις μακρομοριακές αλυσίδες μεγάλους κλάδους, ήταν δηλαδή διακλαδωμένο.

Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE):

Το HDPE διαθέτει πυκνότητα της τάξεως του $0,941 \text{ g/cm}^3$. Το HDPE εμφανίζει μικρό αριθμό διακλαδώσεων και επομένως χαμηλές διαμοριακές δυνάμεις και αντοχή στον εφελκυσμό. Μπορεί να παρασκευαστεί με καταλύτες χρωμίου/διοξειδίου του πυριτίου, καταλύτες Ziegler-Natta ή μεταλλοκενικούς (metallocene) καταλύτες. Η έλλειψη διακλαδώσεων εξασφαλίζεται με την κατάλληλη επιλογή καταλύτη (π.χ. καταλύτες χρωμίου ή καταλύτες Ziegler-Natta) και των συνθηκών της αντίδρασης.

Το HDPE χρησιμοποιείται σε προϊόντα και συσκευασίες όπως συσκευασίες γάλακτος, φιάλες απορρυπαντικών, σαμπουάν, πακέτα βουτύρου, σακούλες και περιέκτες απορριμμάτων.

Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE):

Το LDPE αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών πυκνοτήτων $0,910\text{--}0,940 \text{ g/cm}^3$. Εμφανίζει μεγάλο αριθμό μικρών και μεγάλων αλυσίδων διακλαδώσεων, και επομένως διαθέτει λιγότερο ισχυρές διαμοριακές δυνάμεις, επειδή η έλξη στιγμιαίου-διπόλου και επαγόμενου-διπόλου είναι μικρότερη. Αυτό καταλήγει σε μια χαμηλότερη αντοχή στον εφελκυσμό και αυξημένη ολκιμότητα. Το LDPE παράγεται κατά τον πολυμερισμό ελευθέρων ριζών. Ο υψηλός βαθμός διακλαδώσεων με μεγάλες αλυσίδες αποδίδει στο τετηγμένο LDPE ιδιαίτερες και επιθυμητές ιδιότητες ροής.

Το LDPE εφαρμόζεται σε δύσκαμπτους περιέκτες και στην παραγωγή πλαστικής μεμβράνης (πλαστικές σακούλες, μεμβράνες συσκευασίας, κτλ.).

Πίνακας 4. Το πολυαιθυλένιο παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά (Καραγιαννίδης, 2006):

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Χαμηλό κόστος	Υψηλή θερμική διαστολή
Εξαιρετικές διηλεκτρικές ιδιότητες	Μικρή αντοχή στην καιρική γήρανση
Αντοχή στην υγρασία	Παρουσιάζει ρηγμάτωση με την εφαρμογή τάσης (εκτός από το UHMW-PE)
Πολύ καλή αντοχή στα χημικά	Κολλάει δύσκολα με άλλα υλικά
Διαθεσιμότητα σε διάφορους τύπους	Εύφλεκτο
Μορφοποιείται με όλες τις θερμοπλαστικές μεθόδους	

Πολυστυρένιο (PS):

Το πολυστυρένιο είναι ένα γραμμικό ατακτικό θερμοπλαστικό πολυμερές. Οι ογκώδεις πλευρικές φαινυλο-ομάδες του εμποδίζουν την κρυστάλλωση και έτσι το πολυμερές παράγεται άμορφο και διαφανές. Έχει $T_g \approx 92^\circ\text{C}$ και μαλακώνει λίγους βαθμούς υψηλότερα με αποτέλεσμα εξαρτήματα που παράγονται από αυτό να μην μπορούν να αποστειρωθούν. Στη θερμοκρασία δωματίου το πολυστυρένιο συμπεριφέρεται ως ένα εύθραυστο, υαλώδες πλαστικό, το οποίο κάνει μεταλλικό θόρυβο όταν πέφτει στο δάπεδο. Το πρόβλημα με την ευθραυστότητά του μπορεί να ξεπεραστεί με τον πολυμερισμό του μονομερούς στυρενίου, παρουσία ενός ελαστομερούς ή με φυσική ανάμιξη του με ένα ελαστομερές, όπως το πολυβουταδιένιο (5-10%). Το πολυμερές που προκύπτει είναι λευκό και ανθεκτικό στην κρούση και για αυτό χαρακτηρίζεται ως “High Impact PS (HIPS)” και μορφοποιείται εύκολα με εξώθηση. Το ποσοστό της ελαστομερούς φάσης καθορίζει την ανθεκτικότητα του πλαστικού.

Πίνακας 5. Το πολυστυρένιο παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Καραγιαννίδης, 2006):

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Μορφοποιείται κυρίως με έγχυση σε καλούπι	Εύφλεκτο
Μπορεί να γίνει διαφανές ή και όχι	Προσβάλλεται από διαλύτες
Υψηλός δείκτης διάθλασης 1.6 (προσδίδει λάμψη)	Δεν αντέχει στις καιρικές συνθήκες και κιτρινίζει κατά τη μακροχρόνια έκθεσή του στο φως

Συμπολυμερή Ακρυλονιτριλίου/βουταδιενίου/στυρενίου (ABS):

Παράγονται από τον πολυμερισμό στυρενίου, ακρυλονιτριλίου και βουταδιενίου. Οι αναλογίες μπορούν να κυμαίνονται μεταξύ 15-30% ως προς το ακρυλονιτρίλιο, 5-30% ως προς το βουταδιένιο και 40-60% ως προς το στυρένιο. Κάθε συστατικό επηρεάζει το σύνολο των ιδιοτήτων στο συμπολυμερές. Το ακρυλονιτρίλιο προσφέρει χημική αντοχή και θερμική σταθερότητα. Το βουταδιένιο δίνει αντοχή και ισχύ στην κρούση και ελαστικότητα ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το στυρένιο παρέχει δυσκαμψία, ικανότητα για μορφοποίηση και μια λεία αδιαπέραστη επιφάνεια. Το ABS είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες 25°C - 60°C . Γενικά, τα συμπολυμερή ABS αποτελούν ένα διφασικό σύστημα, δηλαδή μια ελαστομερή φάση που προέρχεται από το βουταδιένιο και είναι διεσπαρμένη μέσα σε μια συνεχή φάση αποτελούμενη από το συμπολυμερές SAN (συμπολυμερές στυρενίου/ακρυλονιτριλίου). Στην πραγματικότητα εκείνο που συμβαίνει είναι ότι μικρές ποσότητες στυρενίου και ακρυλονιτριλίου συμπολυμερίζονται και εμβολιάζονται πάνω στα μακρομόρια του πολυβουταδιενίου. Έτσι το δύσκαμπτο SAN και το ελαστομερές πολυβουταδιένιο γίνονται συμβατά. Από μια άποψη, η συμβατοποίηση αυτή θα μπορούσε να εκληφθεί ως η πρώτη επιτυχημένη δημιουργία ενός πολυμερικού κράματος (polymeric alloy). Τα συμπολυμερή ABS είναι ανθεκτικά σε υδατικά διαλύματα οξέων, πυκνό υδροχλωρικό και φωσφορικό οξύ, αλκάλια, αλκοόλες και ζωικά, φυτικά και ορυκτά έλαια, αλλά διογκώνονται από το οξικό οξύ, τον τετραχλωράνθρακα και τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες και προσβάλλονται από πυκνό θειικό και νιτρικό οξύ. Είναι διαλυτά σε εστέρες, κετόνες, αιθυλενοδιχλωρίδιο και ακετόνη. Η αντοχή τους στις καιρικές συνθήκες εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε πολυβουταδιένιο και

γι' αυτό προστίθενται αντιοξειδωτικά για την προστασία του. Το κόστος παραγωγής του ABS είναι σχεδόν διπλάσιο από του πολυστυρενίου, αλλά υπερτερεί αυτού στην σκληρότητα, τη γυαλάδα, την αντοχή και άλλες ιδιότητες.

Πολυανθρακικοί εστέρες (PC):

Οι πολυανθρακικοί εστέρες είναι γραμμικοί άμορφοι πολυεστέρες του ανθρακικού οξέος με διάφορες διασπαινόλες. Ο συνηθέστερος πολυανθρακικός πολυεστέρας παρασκευάζεται από διασπαινόλη-Α και φωσγένιο. Η ανθρακική ομάδα καθιστά τους πολυανθρακικούς εστέρες ανθεκτικούς, ενώ η ομάδα της διασπαινόλης συνεισφέρει στο υψηλό $T_g=150^{\circ}\text{C}$. Τα μοριακά βάρη για τα συνηθέτη εμπορικά είδη κυμαίνονται σε ένα εύρος 20.000-35.000 με δείκτη πολυδιασποράς $(M_w/M_n)=2,2-2,5$. Οι πολυανθρακικοί εστέρες μορφοποιούνται με όλες τις συνηθείς θερμοπλαστικές μεθόδους, ωστόσο απαιτούνται αρκετά υψηλές θερμοκρασίες μορφοποίησης. Ταυτόχρονα όμως, επειδή είναι ευαίσθητοι στην υδρόλυση, σε αυτές τις θερμοκρασίες θα πρέπει προηγουμένως να ξηραίνονται καλά. Οι πολυανθρακικοί εστέρες έχουν υψηλή αντοχή στην κρούση, διαθέτουν διαφάνεια, εξαιρετική αντοχή στον ερπυσμό, μεγάλο εύρος στα όρια θερμοκρασιών εφαρμογής και υψηλή σταθερότητα διαστάσεων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκρασίες -170°C έως $+130^{\circ}\text{C}$. Χρησιμοποιούνται σε μεμβράνες, δοχεία, σωλήνες, οικιακές συσκευές κτλ. Λόγω της αντοχής τους στην κρούση και τον εφελκυσμό χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων, σε συσκευασίες, όπως δοχεία αναψυκτικών, δίσκους, πινακίδες, κτλ.

Πολυεστέρες/ Πολυτερεφθαλικός αιθυλενεστέρας (PET):

Ο πολυτερεφθαλικός αιθυλενεστέρας δημιουργείται από το διμεθυλεστέρα του τεραφθαλικού οξέος και την αιθυλενογλυκόλη με διεργασία μετεστερεοποίησης και πολυσυμπύκνωσης του τήγματος. Συχνά γίνεται χρήση τεραφθαλικού οξέος υψηλού βαθμού καθαρότητας. Όταν το PET προορίζεται για την παραγωγή φιαλών, όπου απαιτείται μεγαλύτερο M.B. η διεργασία παραγωγής του γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιείται συνεχής πολυμερισμός υγρής φάσης, όπου το υψηλού ιξώδους προπολυμερές τήγμα, που παράγεται, ψύχεται απότομα σε νερό, ώστε να ληφθούν έτσι άμορφοι κόκκοι (pellets). Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται πολυσυμπύκνωση σε στερεή φάση, όπου οι κόκκοι θερμαίνονται και πολυμερίζονται σε στερεά κατάσταση, σε θερμοκρασίες λίγο χαμηλότερες από την θερμοκρασία T_m , και κατά συνέπεια προκαλείται περαιτέρω αύξηση του M.B., ενώ ταυτόχρονα περιορίζονται οι αντιδράσεις αποικοδόμησης που οδηγούν στο σχηματισμό ακεταλδεΐδης. Το προϊόν που παράγεται στο πρώτο στάδιο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σαν α' ύλη για την παραγωγή συνθετικών ινών κλωστοϋφαντουργίας, ενώ από το δεύτερο στάδιο, για την παραγωγή πλαστικών φιαλών. Το προϊόν πρέπει να είναι απαλλαγμένο από την ακεταλδεΐδη, για να μην επηρεαστεί η γεύση του περιεχομένου της φιάλης. Ο εμπορικός πολυεστέρας τήκεται περίπου στους 250°C και το σημείο τήξεως του κρυσταλλικού PET μπορεί να φτάσει τους 270°C . Το προσανατολισμένο κρυσταλλικό PET είναι ανθεκτικό υλικό και διαθέτει διαφάνεια, αντοχή στην προσβολή από ασθενή οξέα, βάσεις και πολλούς διαλύτες. Χρησιμοποιείται συχνά σε συσκευασίες τροφίμων, αναψυκτικών και φιαλών νερού.

Πολυστρωματικά υλικά:

Τα πολυστρωματικά υλικά αποτελούνται από διαφορετικά υλικά, με διαφορετικές ιδιότητες, ώστε να γίνει ο συνδυασμός τους με άριστο αποτέλεσμα. Οι συνδυασμοί αυτοί βρίσκουν εφαρμογή στην παρασκευή εύκαμπτων και ημιεύκαμπτων υλικών συσκευασίας. Οι σύνθετες/πολυστρωματικές δομές αποτελούνται από τον συνδυασμό διαφορετικών υλικών, όπως πλαστικό, χαρτί, φύλλα αλουμινίου και μετάλλου, αλλά και διαφορετικών πλαστικών. Για παράδειγμα, ένα πολυστρωματικό υλικό, το nanolayer, αποτελείται από πολλά και διαφορετικά επίπεδα φιλμ με ελάχιστο πάχος. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να αποτελείται συνολικά από 16 επίπεδα που διαθέτουν πάχος 1μm ως 25μm, τα οποία μαζί δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες για την προστασία από το οξυγόνο, την υγρασία και την υπεριώδη ακτινοβολία. Οι σύνθετες/πολυστρωματικές συσκευασίες αξιοποιούνται για την παραγωγή εύκαμπτων υλικών, όπως για παράδειγμα συσκευασίες τυριών, ξηρών καρπών, τσιγάρων και ημιεύκαμπτων υλικών, όπως για παράδειγμα η πολυστρωματική πλαστική φιάλη και το σύνθετο χάρτινο κουτί. Η αξιοποίηση των σύνθετων πολυστρωματικών συσκευασιών έλαβε αλματώδη ανάπτυξη από το 1970 και ύστερα.

Όλα τα παραπάνω υλικά πλαστικής συσκευασίας πρέπει να κατασκευάζονται σε συνάρτηση με την σχετική νομοθεσία περί ασφάλειας για την υγεία κυρίως σε ότι αφορά τη συσκευασία τροφίμων. Η ΕΕ έχει συμπεριλάβει στη νομοθεσία της τα υλικά πλαστικής συσκευασίας τροφίμων σε διάφορους κανονισμούς, κυρίως στον κανονισμό-πλαίσιο ΕΚ 1935/2004 για υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα και πιο πρόσφατα στον κανονισμό ΕΚ της Επιτροπής 10/2011 για πλαστικά υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τα τρόφιμα. Περαιτέρω, ο κανονισμός ΕΕ 1895/2005 περιορίζει τη χρήση ορισμένων εποξεικών παραγώγων από τη χρήση τους ως ρητίνες. Πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα πολυμερή υλικά που προορίζονται να εφαρμοστούν σε επαφή με τα τρόφιμα πρέπει να εγκριθούν από την EFSA (European Food Safety Authority) και διατίθενται στον κατάλογο ουσιών της ΕΕ που πρέπει να χρησιμοποιούνται σε πλαστικά υλικά που βρίσκονται σε επαφή με τρόφιμα.

Διαπιστώσεις που πηγάζουν από τη χρήση της πλαστικής συσκευασίας:

Διαπίστωση 1: Με την πάροδο των χρόνων, οι συνήθειες του καταναλωτικού κοινού μεταβλήθηκαν, εμφανίζοντας στροφή στις εύκαμπτες συσκευασίες με υψηλότερη διάρκεια ζωής για τα νωπά προϊόντα, με όσο το δυνατόν πιο λίγα συντηρητικά, καθώς επίσης και με μεγαλύτερη διαφάνεια, με σκοπό να είναι εμφανές το συσκευασμένο προϊόν. Επιπλέον πλεονεκτήματα, τα οποία ευνόησαν την εφαρμογή τους, είναι η εύκολη χρήση, όπως η δυνατότητα της συσκευασίας να προθερμαίνει προμαγειρεμένες τροφές, με σκοπό να προσφέρουν μία άμεση λύση έτοιμου γεύματος, όπως επίσης και η αντοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες χωρίς παραμόρφωση της σύστασης του προϊόντος που περιλαμβάνουν, ειδικά για τα νωπά αλλά και για τα κατεψυγμένα προϊόντα. Βάσει της χρήσης, για την οποία προορίζεται η συσκευασία, σχεδιάστηκαν μοντέλα τα οποία έχουν ως στόχο την καλύτερη λύση που μπορεί να υπάρξει, τόσο για την βελτιωμένη συντήρηση του προϊόντος που έχουν όσο και για την εξασφάλιση του ελάχιστου κόστους. Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη σε αυτά τα μοντέλα, αποτελούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες συντήρησης του προϊόντος (π.χ. ντουλάπι, ψυγείο), η επιλογή των πρώτων υλών - πολυμερών, ο αριθμός των απαιτούμενων στρωμάτων, καθώς επίσης και το πάχος που πρέπει να έχει η συσκευασία.

Διαπίστωση 2: Είναι γνωστό ότι τα πολυμερή έχουν την ιδιότητα να μπορούν να μορφοποιηθούν σε απλά και πολύπλοκα σχήματα με χαμηλό κόστος. Η παραγωγή των πλαστικών έχει αυξηθεί τα τελευταία 50 χρόνια, καθώς εξυπηρετούν όλο και περισσότερες εφαρμογές. Η κυριότερη εφαρμογή των πλαστικών αφορούν την συσκευασία. Ωστόσο, η οικονομία των πλαστικών έχει σημαντικά μειονεκτήματα που γίνονται ολοένα και πιο εμφανή. Έτσι, για παράδειγμα, το 95% της αξίας πλαστικών υλικών συσκευασίας, ή αντίστοιχα σε χρηματικό ποσό, 80-120 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ ετησίως, χάνεται από την οικονομία μετά από μια σύντομη πρώτη χρήση. Πάνω από 40 χρόνια μετά την κυκλοφορία του πρώτου συμβόλου ανακύκλωσης, μόνο το 14% των πλαστικών συσκευασιών συλλέγεται για ανακύκλωση. Επίσης εάν ληφθούν υπόψη οι πρόσθετες απώλειες αξίας κατά την ταξινόμηση και την επανεπεξεργασία, φαίνεται ότι μόνο το 5% της αξίας υλικού διατηρείται για μεταγενέστερη χρήση. Τα πλαστικά που ανακυκλώνονται συνήθως χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλότερης αξίας, που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν περαιτέρω. Το ποσοστό ανακύκλωσης για άλλα πλαστικά είδη, είναι ακόμη χαμηλότερο από αυτό των πλαστικών συσκευασιών, αλλά και τα δύο ποσοστά είναι πολύ χαμηλότερα από τα συνολικά ποσοστά ανακύκλωσης για χαρτί (58%), σίδηρο και χάλυβα (70-90%). Επιπλέον, η πλαστική συσκευασία είναι σχεδόν αποκλειστικά μιας χρήσης, ειδικά σε εφαρμογές προϊόντων που απευθύνονται από την επιχείρηση κατευθείαν στον καταναλωτή, οπότε εκτιμάται ότι η πλαστική συσκευασία αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μερίδιο στη διαρροή αυτή.

Διαπίστωση 3: Πλαστικά μιας χρήσης όπως η πλαστική σακούλα και η πλαστική φιάλη γάλακτος προκαλούν ανησυχία, καθώς αποτελούν ζωτικούς πόρους που χάνονται εάν καταλήξουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται η κοινωνία συνολικά και όχι μόνο ο κατασκευαστής. Σημειώνεται ότι μόνο μια περιορισμένη ποσότητα πλαστικών απορριμμάτων πλαστικού ανακτάται προς το παρόν.

3ο Κεφάλαιο

Οι επιπτώσεις των υλικών συσκευασίας στο περιβάλλον

Η συσκευασία είναι απαραίτητη για την προστασία και την μεταφορά των προϊόντων. Ωστόσο, παρατηρείται ότι όσο αυξάνονται οι βιομηχανίες συσκευασίας που δεν λειτουργούν με βάση τη βιωσιμότητα, τόσο αυξάνονται και τα προβλήματα με σοβαρό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Ταυτόχρονα, καθώς αυξάνονται οι επιπτώσεις αυτές, τόσο η κοινωνία έρχεται αντιμέτωπη με μια μεγάλη ποσότητα αποβλήτων, πολλά από τα οποία επιβαρύνουν τη ζωή (π.χ. θαλάσσια) και την υγεία των ανθρώπων. Το πρόβλημα σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στην παραγωγή των συσκευασιών, καθώς για αυτήν δαπανώνται φυσικοί πόροι, όπως ενέργεια, νερό, χημικά πετρέλαιο, ορυκτά, ξύλο και ίνες. Παρά τις εξαγγελίες για προσπάθεια μείωσης της παγκόσμιας εξόρυξης υλικών, καταγράφεται τριπλασιασμός της από το 1970 έως το 2017 και συνεχίζει να αυξάνεται (EUGreenDeal, 2019, Sustainable industry). Στη συνέχεια, παράγονται εκπομπές αερίων, συμπεριλαμβανομένων των αερίων θερμοκηπίου, βαρέων μετάλλων και σωματιδίων, καθώς και λυμάτων ή/και λάσπης που περιέχουν τοξικά απόβλητα.

Τα απορρίμματα συχνά υφίστανται κοινή διαχείριση με τη συσκευασία. Τα υλικά συσκευασίας (γυάλινα και πλαστικά μπουκάλια, πλαστικά περιτυλίγματα, κουτιά, χαρτιά και χάρτινα ποτήρια) αποτελούν τα κύρια συστατικά των απορριμμάτων. Μεταξύ αυτών, οι πλαστικές συσκευασίες αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό απορριμμάτων συσκευασιών στον πλανήτη (υπολογίζεται ότι το 40% των συσκευασιών είναι από πλαστικό). Επιπλέον, το κύριο ζήτημα αποτελεί η συσκευασία μιας χρήσης, η οποία κατόπιν της κατανάλωσης του προϊόντος παύει να έχει αξία. Αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή συνήθως οι συσκευασίες αυτές είναι αναμειγμένες με άλλα υλικά, μολυσμένες με οργανικά απορρίμματα και καταστρέφονται. Κατά συνέπεια, συχνά λόγω απροσεξίας του καταναλωτή ή έλλειψης πληροφόρησης για την σωστή απόρριψη της, η συσκευασία καταλήγει σε λάθος κάδο ή στα ύδατα. Τα υψηλά κόστη διαχείρισης απορριμμάτων αλλά και η διαθεσιμότητα γης για την εναπόθεση τους είναι ακόμη κάποιοι λόγοι για τους οποίους επιβάλλεται να δημιουργηθούν κανονισμοί με σκοπό τη μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανάκτηση απορριμμάτων συσκευασίας. Στην Ευρώπη η εφαρμογή μεθόδων αντιμετώπισης των προβλημάτων της συσκευασίας ξεκίνησαν μεταξύ 1980 και 1997, όταν τα αστικά απόβλητα αυξήθηκαν κατά 40%. Οι μέθοδοι αυτές αφορούσαν οδηγίες σχετικά με την υγειονομική ταφή και την ευθύνη του παραγωγού (King, 2005). Ωστόσο, παρά τις προσπάθειες σε επίπεδο ΕΕ και σε εθνικό επίπεδο, η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων δεν φάνηκε να μειώνεται παρά τις όποιες προσπάθειες κοινοτικής εκπαίδευσης και βελτιωμένων υποδομών για τη συλλογή αποβλήτων.

Ρύπανση που προκαλείται από τα απόβλητα της συσκευασίας

Η Επιτροπή RCRA (Resource Conservation and Recovery Act) ορίζει τα επικίνδυνα απόβλητα ως στερεά απόβλητα (συμπεριλαμβανομένων υγρών και αερίων) τα οποία μπορούν:

- να προκαλέσουν ή συμβάλλουν σημαντικά σε αύξηση σοβαρής ασθένειας ή / και θνησιμότητας
- να αποτελέσουν σημαντικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον όταν δεν γίνεται σωστή διαχείριση (Eskander, 2017).

Εξ ορισμού, τα απόβλητα είναι επικίνδυνα εάν:

1. είναι καταγεγραμμένα στις λίστες επικίνδυνων αποβλήτων ως *"Listed"*
2. εμφανίζουν οποιοδήποτε από τα τέσσερα χαρακτηριστικά επικίνδυνων αποβλήτων (αναφλεξιμότητα, διαβρωτικότητα, αντιδραστικότητα και τοξικότητα). Επίσης, μείγματα στερεών αποβλήτων και επικίνδυνων αποβλήτων που περιλαμβάνονται στη λίστα θεωρούνται εξίσου επικίνδυνα.

"Listed"

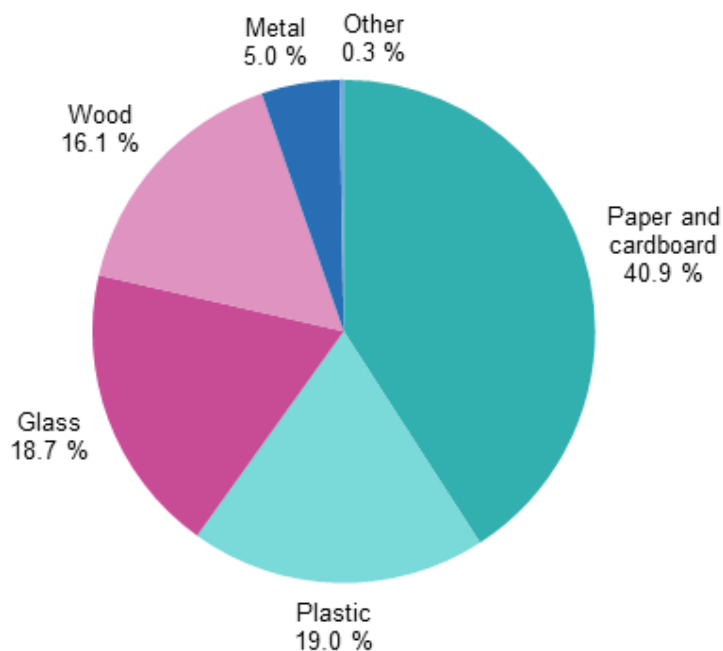
Τα απόβλητα προσδιορίζονται ως επικίνδυνα απόβλητα εάν αναφέρονται συγκεκριμένα σε μία από τις τέσσερις λίστες (λίστες F, K, P και U) που βρίσκονται στον τίτλο 40 του κώδικα ομοσπονδιακών κανονισμών (CFR) στην ενότητα 261 (EPA, (n.d.)).

Ρύπανση λόγω των στερεών αποβλήτων

Η αύξηση της παραγωγής στερεών αποβλήτων (στα οποία περιλαμβάνονται τα πλαστικά) σε μια αστική περιοχή, εξαρτάται από την αύξηση της αστικοποίησης, το ποσοστό κατανάλωσης και το βιοτικό επίπεδο, τον τρόπο ζωής, την πυκνότητα του πληθυσμού και την κλιματική αλλαγή. Σε παγκόσμιο επίπεδο ένα σημαντικό ποσοστό των στερεών αποβλήτων αφορούν τα απορρίμματα της συσκευασίας. Ο ετήσιος απολογισμός των στερεών αποβλήτων φτάνει περίπου τους 10 εκατομμύρια τόνους και τα απορρίμματα συσκευασίας αντιστοιχούν περίπου στο 1/3 του συνόλου. Τα απόβλητα των υλικών συσκευασίας αποτελούνται κυρίως από χαρτί, πλαστικό, μέταλλο, γυαλί και άλλα (Zhang, 2012).

Τα στοιχεία δείχνουν ότι το 2018, τα παραγόμενα απορρίμματα συσκευασίας υπολογίστηκαν στα 174 κιλά ανά κάτοικο στην ΕΕ. Αυτή η ποσότητα κυμαίνεται μεταξύ 67,8 kg ανά κάτοικο στην Κροατία και 227.5 kg ανά κάτοικο στη Γερμανία. Το παρακάτω σχήμα δείχνει ότι το 2018 «χαρτί και χαρτόνι» (40,9%), «πλαστικό» (19,0%), «γυαλί» (18,7%), «ξύλο» (16,1%) και «μέταλλο» (5,0%) ήταν οι πιο συνηθισμένοι τύποι απορριμμάτων συσκευασίας στην ΕΕ. Άλλα υλικά αντιστοιχούν σε λιγότερο από το 0,3% του συνολικού όγκου απορριμμάτων συσκευασίας που δημιουργήθηκαν την ίδια χρονική περίοδο (Eurostat, 2018).

Packaging waste generated by packaging material, EU-27, 2018 (%)



Note: Eurostat estimates.

Source: Eurostat (online data code: env_waspac)

eurostat 

Εικόνα 5. Απορρίμματα συσκευασίας που παράγονται από υλικά συσκευασίας.

Στερεά απόβλητα που σχετίζονται με τη συσκευασία προκύπτουν ήδη από την πρώτο στάδιο της εξαγωγής και επεξεργασίας των πρώτων υλών. Αυτά τα απόβλητα καταλήγουν συχνά σε χερσαίες τοποθεσίες και αφορούν απόβλητα διαδικασιών παραγωγής (preconsumer) αλλά και απόβλητα “μετά τον καταναλωτή” (postconsumer) (Pongrácz, 2007). Το ευρύ κοινό δεν αντιλαμβάνεται εύκολα ότι τα στερεά απόβλητα μετά τον καταναλωτή, είναι μόνο ένα μέρος των αποβλήτων που σχετίζονται με τη συσκευασία. Ωστόσο, τα περισσότερα από τα απορρίμματα συσκευασίας που προορίζονται για τον καταναλωτή ή για την κατασκευή συσκευασιών ανακυκλώνονται στο εσωτερικό της επιχείρησης και στη συνέχεια απορρίπτεται το μη ανακυκλώσιμο μέρος τους. Η ανάκτηση, και ιδίως η ανακύκλωση απορριμμάτων συσκευασίας μετά την κατανάλωση, δεν σταματά την περαιτέρω παραγωγή αποβλήτων. Πρώτον, επειδή δεν ανακυκλώνεται όλο το συλλεχθέν υλικό και δεύτερον, γιατί το προϊόν που κατασκευάζεται από το ανακυκλωμένο υλικό θα καταλήξει επίσης αργά ή γρήγορα ως απόβλητο. Όσον αφορά την αποτέφρωση των συσκευασιών μετά την κατανάλωση του προϊόντος, μπορεί να επιφέρει μείωση όγκου 20 - 40%. Μια έμμεση πηγή στερεών αποβλήτων που σχετίζεται με τη συσκευασία είναι τα απόβλητα που δημιουργήθηκαν κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε για την κατασκευή της συσκευασίας συνολικά.



Εικόνα 6. Εργαζόμενος ταξινομεί πλαστικά μπουκάλια σε κέντρο ανακύκλωσης στα περίχωρα Wuhan, επαρχία Hubei, Κίνα

Ρύπανση του νερού

Η ρύπανση του νερού αποτελεί ζήτημα μείζονος σημασίας παγκοσμίως. Προκύπτει από την απόρριψη των αποβλήτων ορισμένων υλικών συσκευασίας ή άλλων σχετικών δραστηριοτήτων. Μία από τις βασικές δραστηριότητες που ρυπαίνουν το νερό είναι η παραγωγή χαρτιού, τα πτητικά αιωρούμενα στερεά σωματίδια (volatile suspended solids, VSS) και τα ολικά αιωρούμενα στερεά (total suspended solids, TSS). Επιπλέον, η κατασκευή διαφόρων υλικών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία, όπως κόλλες, επιστρώσεις και μελάνια είναι πηγή ρύπανσης από οργανικά υλικά και βαρέα μέταλλα. Θέματα που προκαλούν ανησυχία είναι οι τυχαίες εκροές κατά την παραγωγή ή την επεξεργασία υλικών συσκευασίας, και τα υπολείμματα από τις δραστηριότητες καύσης που παράγονται από πυρκαγιές (Pongrácz, 2007).



Εικόνα 7. Ο φραγμένος ποταμός Citarum, Δυτική Ιάβα, Ινδονησία. Εικόνες: James Wendlinger.



Εικόνα 8. Κομμάτια πλαστικών και μικροπλαστικών στη θάλασσα.

Ένας Αμερικανός εξερευνητής, ο Victor Vescovo που καταδύθηκε σχεδόν 11 χιλιόμετρα (επτά μίλια) στο βαθύτερο μέρος του ωκεανού-το Mariana Trench του Ειρηνικού Ωκεανού και σπάζοντας το ρεκόρ για τη βαθύτερη κατάδυση, βρήκε στον πυθμένα της θάλασσας πλαστικά απόβλητα! Στη συνέχεια, για τέσσερις ώρες εξερεύνησε το βυθό, όπου εκτός από τα θαλάσσια πλάσματα ανακάλυψε, επίσης, μια πλαστική σακούλα και περιτυλίγματα από γλυκά! (Morelle, 2019).



Εικόνα 9. Πλαστική σακούλα που βρέθηκε στο κάτω μέρος της Τάφρου των Μαριανών, το βαθύτερο σημείο των ωκεανών του πλανήτη και το χαμηλότερο σημείο της επιφάνειας του φλοιού της Γης.

Ατμοσφαιρική ρύπανση

Κύρια πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελεί η ίδια η διαδικασία κατασκευής των υλικών συσκευασίας. Ορισμένες από τις εκπομπές αερίων, όπως το χλωριούχο βινύλιο (vinyl chloride), το CFC και το εξάνιο (hexane) μπορεί να απελευθερωθούν από τυχαίες πυρκαγιές ή ως απόβλητα αποτέφρωσης (waste-incineration activities). Οι άμεσες εκπομπές που σχετίζονται με τη συσκευασία προκύπτουν από χερσαίες περιοχές, ως συνέπεια της αποσύνθεσης του ξύλου και του χαρτιού, απελευθερώνοντας CO₂ και μεθάνιο. Η εκπομπή CO₂ προκύπτει επίσης, από την παραγωγή γυαλιού και χάλυβα. Οι πηγές αερίων ρύπων που σχετίζονται με τη συσκευασία σχετίζονται επίσης με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (εκπομπές CO₂, SO₂, NO_x) και τη μεταφορά (π.χ. CO₂, SO₂, NO_x, σκόνη, υδρογονάνθρακες), ειδικά όταν σχεδιάζεται η επαναχρησιμοποίηση ή η ανάκτηση των υλικών (Pongrácz, 2007)



Εικόνα 10: Επικίνδυνες εκπομπές αερίων εργοστασίου

Πλαστικό - ορατοί και αόρατοι κίνδυνοι

Τα πλαστικά και κυρίως τα πλαστικά μιας χρήσης αποτελούν την κύρια πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος και κυρίως των υδάτων. Αυτό επιβεβαιώνεται μέσα από περιβαλλοντικές εκθέσεις όπως εκείνης του “Surfrider” η οποία έδειξε πως το 65% των αντικειμένων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των πρωτοβουλιών “Ocean Initiatives” είναι αντικείμενα μιας χρήσης και κυρίως πλαστικά, όπως μπουκάλια και σακούλες. Το πρόγραμμα “Ocean Initiatives” επιτρέπει ετήσια συλλογή δεδομένων που αφορούν τα απορρίμματα και έτσι η “Surfrider Europe” μελετά την προέλευση και την εξέλιξη της ρύπανσης των αποβλήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αυτή η εργασία είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων στην πηγή και τη μείωση αυτής της απειλής για το περιβάλλον και τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Το 2019 ήταν μια ιστορική χρονιά με 60% αύξηση του αριθμού συλλογής απορριμμάτων που διοργανώθηκαν σε 54 χώρες, με 2.279 συλλογές αποβλήτων, και 83.417 συμμετέχοντες. (Surfrider Foundation Europe, 20, Let’s discover the 2019 Environmental Report). Παρακάτω αναλύονται κάποιες από τις πιο σοβαρές περιπτώσεις ορατών και αόρατων κινδύνων πλαστικών υλικών.

Οι επιπτώσεις από την πλαστική σακούλα

Είναι γεγονός ότι οι πλαστικές σακούλες δεν αποδίδουν κέρδος στον ανακυκλωτικό τομέα ενώ αντίθετα, εύκολα και γρήγορα μετατρέπονται σε απορρίμματα δημιουργώντας ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Τα στοιχεία δείχνουν ότι κάθε δευτερόλεπτο παράγονται παγκοσμίως 160.000 από αυτές ενώ ετησίως ο αριθμός τους ανέρχεται στα 5 τρισεκατομμύρια.

Στον Ειρηνικό ωκεανό υπάρχει μία πλωτή εγκατάσταση υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, η οποία ονομάζεται Great Pacific Garbage Patch και είναι διπλάσια σε μέγεθος από το Τέξας. Αυτή η εγκατάσταση αποτελείται κυρίως από πλαστικό. Επίσης, στον Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό, υπάρχουν 6 φορές περισσότερα πλαστικά απορρίμματα σε σχέση με την ποσότητα πλαγκτόν.

Οι επιπτώσεις του πλαστικού με παραδείγματα:

- Οι πλαστικές σακούλες είναι τόσο ελαφριές, που ακόμη και αν τις απορρίψουμε σωστά, μπορούν να διαφύγουν με τον άνεμο. Ξεφεύγουν από τα σκουπίδια, τα απορριμματοφόρα και τους χώρους υγειονομικής ταφής και πηγαίνουν εκεί που τα πηγαίνει ο άνεμος-ρυπαίνοντας το περιβάλλον, έως ότου τελικά καταλήξουν στον ωκεανό και εξαιτίας τους θανατωθούν πουλιά και ζώα.
- Το 2008, μια φάλαινα βρέθηκε σε παραλία στην Καλιφόρνια και πέθανε εξαιτίας των 22 κιλών πλαστικών που βρέθηκαν στο στομάχι της.
- Το πλαστικό θα αρχίσει να αποικοδομείται μετά από 700 χρόνια και θα αποικοδομηθεί πλήρως σε 1000 χρόνια.
- Η πλαστική σακούλα παραμένει τοξική ακόμη και μετά την διάσπαση της. Δεν βιοαποικοδομείται ούτε φωτο-αποικοδομείται, γεγονός που σημαίνει ότι αφού υποβαθμιστεί, διασπάται από μόνη της σε μικρότερα τοξικά κομμάτια μολύνοντας το περιβάλλον.
- Μια μέση οικογένεια χρησιμοποιεί 60 πλαστικές σακούλες σε τέσσερις επισκέψεις στο σούπερ μάρκετ.
- Μόνο 1 έως 3% των πλαστικών σάκων ανακυκλώνονται παγκοσμίως.
- Οι πλαστικές σακούλες προκαλούν το θάνατο πολλών θαλάσσιων ζώων όταν λανθασμένα τις περνάνε για τροφή.

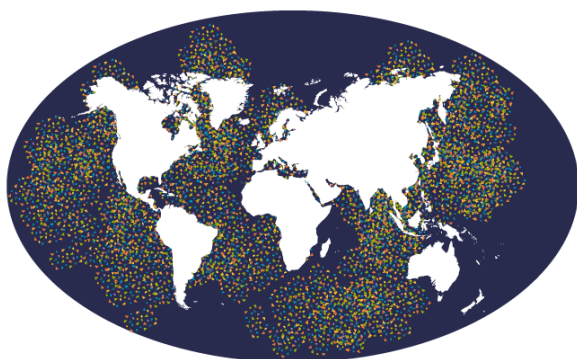


Εικόνα 11. Πλαστική σακούλα στο βυθό της θάλασσας

Μικροπλαστικά

Τα μικροπλαστικά προέρχονται από πλαστικό και το μέγεθός τους κυμαίνεται συνήθως από 0,1–5,000 μm. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες (Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο, 2018):

- Πρωτογενή μικροπλαστικά
- Σωματίδια μικρού μεγέθους που απελευθερώνονται άμεσα στο περιβάλλον
- Αποτελούν περίπου το 15-31% των μικροπλαστικών στους ωκεανούς
- Βρίσκονται σε συνθετικά ρούχα (35%), ελαστικά αυτοκινήτων (28%) αλλά και σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας, όπως είναι οι κρέμες απολέπισης (2%)
- Δευτερογενή μικροπλαστικά
- Προέρχονται από μεγαλύτερα πλαστικά αντικείμενα, όπως οι πλαστικές σακούλες, τα μπουκάλια και τα δίχτυα αλιείας
- Αποτελούν περίπου το 69-81% των μικροπλαστικών που υπάρχουν στους ωκεανούς



**88 % OF THE SURFACE
OF THE OCEAN IS POLLUTED
WITH MICROPLASTICS**

Εικόνα 12. Το 88% της επιφάνειας του ωκεανού είναι μολυσμένο από μικροπλαστικά.



Εικόνα 13. Ζωντανοί οργανισμοί έχουν εγκλωβιστεί σε μικροπλαστικά σε ένα δείγμα νερού που συλλέχθηκε στα ανοικτά των ακτών της Χαβάης.



Εικόνα 14. Δείγμα μικροπλαστικών που ελήφθη από το “Great Pacific Garbage Patch”

Νανοσωματίδια από πλαστικά

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) (ISO, 2015) έχει αποδώσει τον όρο “νανοϋλικό”, ως το υλικό με οποιαδήποτε εξωτερική διάσταση στη νανοκλίμακα ή έχει εσωτερική δομή ή επιφανειακή δομή στη νανοκλίμακα, δηλαδή κυμαίνεται σε μέγεθος από 0,001 έως 0,1 μm . Γενικά, υπάρχουν πολύ λίγες πληροφορίες σχετικά με τα νανοπλαστικά. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι μπορούν να παραχθούν κατά την αποικοδόμηση των πλαστικών απορριμμάτων και μπορεί να προέρχονται από χρήση κατασκευαστικών υλικών, όπως για παράδειγμα υλικών που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές διεργασίες.

Οι επιπτώσεις των μικροπλαστικών:

Οι ποσότητες των μικροπλαστικών στους ωκεανούς αυξάνεται ολοένα και περισσότερο. Σύμφωνα με τον ΟΗΕ (στοιχεία του 2017) βρέθηκαν τουλάχιστον 51 τρισεκατομμύρια σωματίδια μικροπλαστικών στις θάλασσες, δηλαδή 500 φορές περισσότερα από τα αστέρια του γαλαξία μας. Τα μικροπλαστικά που συγκεντρώνονται στη θάλασσα αποτελούν συχνά τροφή για τα ψάρια, που με τη σειρά τους καταλήγουν στο τραπέζι των καταναλωτών και τελικά στο ανθρώπινο σώμα. Μικροπλαστικά επίσης, έχουν βρεθεί σε φαγητά και ποτά, όπως σε μύρρες, μέλι και πόσιμο νερό.

Ανθρώπινη έκθεση σε μικροπλαστικά και κίνδυνοι:

Αποδεικνύεται λοιπόν, ότι ο άνθρωπος εκτίθεται στα μικροπλαστικά κυρίως μέσω της κατάποσης τροφής και ποτού, αλλά και μέσω οικιακής σκόνης από το στόμα και της εισπνοής των μικροπλαστικών. Αναλύσεις ανθρώπινων κοπράνων και πνευμόνων επιβεβαιώνουν την ύπαρξη μικροπλαστικών στο ανθρώπινο σώμα. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα των μελετών είναι πολύ λίγα σε σχέση με την εμφάνιση μικροπλαστικών στα τρόφιμα, τα ποτά και τον αέρα και επίσης, ανεπαρκή για να επιτρέψουν την ποσοτικοποίηση της ανθρώπινης έκθεσης σε αυτά. Επίσης, τα πλαστικά περιέχουν πολλές φορές πρόσθετα, όπως σταθεροποιητές ή επιβραδυντικά φλόγας και

άλλες πιθανές τοξικές χημικές ουσίες, που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τα ζώα ή τον άνθρωπο-καταναλωτή. Ωστόσο, υπάρχουν επαρκή στοιχεία σχετικά με τα επίπεδα τοξικότητας, βασισμένα κυρίως σε δοκιμές πάνω σε ζώα σε σχέση με εκείνα που αφορούν τις επιπτώσεις των μικροπλαστικών στην υγεία του ανθρώπου. Εκτιμάται ότι τα μικροπλαστικά σωματίδια μπορούν ενδεχομένως να περάσουν στο κυκλοφορικό σύστημα και σε διαφορετικούς ιστούς μέσα σε έναν οργανισμό, και να προκαλέσουν οξειδωτικό στρες, κυτταροτοξικότητα, φλεγμονή ή ανοσολογικές αντιδράσεις, να χρησιμεύσουν ως φορείς επιβλαβών χημικών και μικροοργανισμών, να προκαλέσουν βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα και να διαταράξουν την ισορροπία του εντέρου. Ωστόσο, τα συστήματα δοκιμών που εφαρμόζονται ενδέχεται να μην προσομοιώνουν επαρκώς τα πραγματικά σενάρια έκθεσης, καθώς τα μικροπλαστικά σωματίδια που βρίσκονται στο περιβάλλον αποτελούνται συνήθως από μείγματα υλικών, σχήματα και μεγέθη που δεν μπορούν να αναπαραχθούν εύκολα στο εργαστήριο. Επιπλέον, οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στην έκθεση του οργανισμού και την πρόσληψη από το στόμα, ενώ οι επιδράσεις που μπορεί να προκύψουν από την εισπνοή μικροπλαστικών δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς (Geueke, 2020).

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω κινδύνους και τη ραγδαία αύξηση της ρύπανσης, τα κράτη σχεδιάζουν να επιβάλλουν περιορισμούς στη συσκευασία και ελέγχους στα προϊόντα για να μειώσουν τα ποσοστά παραγωγής στερεών αποβλήτων. Οι τοπικές και περιφερειακές διοικήσεις απαιτούν τον διαχωρισμό των αποβλήτων για ανακύκλωση, και ορισμένες έχουν καθιερώσει υποχρεωτικούς στόχους ανακύκλωσης. Γενικά, κάθε σχέδιο διαχείρισης των αποβλήτων πρέπει να είναι εναρμονισμένο με τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες και ανάγκες. Επίσης, οι διεθνείς αποφάσεις και πολιτικές πρέπει να ακολουθούν τα πρότυπα που αφορούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την ποιότητα της διαχείρισης, εστιάζοντας σε θέματα ενέργειας και υλικών. Σημειώνεται ότι υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι διαχείρισης αποβλήτων ανά κράτος, ανάλογα με τον ειδικό όγκο και την πυκνότητα των αποβλήτων αλλά και τις διαφορετικές περιοχές συλλογής (ανάλογα με τους παραγωγούς αποβλήτων - waste generators).

4ο Κεφάλαιο

Θεωρίες - Μοντέλα σχετικά με την Κυκλική Οικονομία

Σύμφωνα με τις θεωρίες περί βιωσιμότητας, μετά τη διαπίστωση προβλημάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή του γραμμικού μοντέλου, αναπτύχθηκαν νέα μοντέλα που αφορούν την κυκλικότητα. Με την πάροδο των χρόνων, μέσα από διάφορες θεωρητικές, πρακτικές και οικονομικές αναζητήσεις, τα μοντέλα αυτά άρχισαν να διατυπώνονται πιο ολοκληρωμένα. Η κεντρική ιδέα της κυκλικής οικονομίας είναι κοινή αλλά για να εφαρμοστεί σωστά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της εκάστοτε τοπικής κοινωνίας και οικονομίας. Υπάρχουν εργαλεία που συλλέγουν στοιχεία, τα οποία βοηθούν στην σύγκριση και αξιολόγηση του κύκλου ζωής αλλά και του σχετικού κόστους.

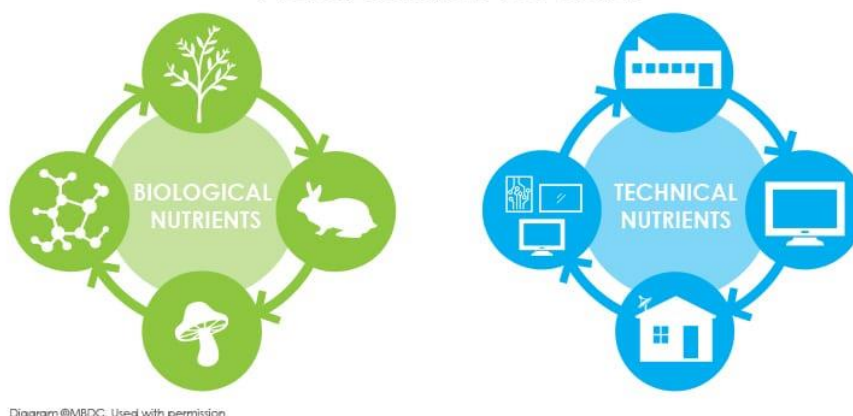
Το πρότυπο «Cradle to Cradle»

Το πρότυπο Cradle to Cradle (C2C) είναι ένα πρότυπο σχεδιασμού που σχετίζεται με την αειφορία, και διατυπώθηκε από τον χημικό Michael Braungart και τον αρχιτέκτονα Bill McDonough στη δεκαετία 1970. Αργότερα, τη δεκαετία του 1990 το μοντέλο “C2C” συνδυάστηκε με το τεχνικό πλαίσιο για την εκτίμηση του κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment, LCA), που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια. Είναι γνωστό ότι τις τελευταίες δεκαετίες, οι επιχειρήσεις καταβάλλουν ολοένα και μεγαλύτερη προσπάθεια ώστε να περιορίσουν τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον (οικολογικό αποτύπωμα) όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά - στοχεύοντας στη στρατηγική μηδενικών εκπομπών («zeroemission» ή «free from»). Ωστόσο, πρέπει ταυτόχρονα να θέτουν και να επιτυγχάνουν υψηλή απόδοση στους στόχους τους και τελικά να μπορούν να ακολουθούν ένα οικολογικά αποδοτικό επιχειρηματικό μοντέλο με στόχο μεγάλη και ποιοτική προστιθέμενη αξία. Ο στόχος αυτός μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσω του προτύπου “Cradle to Cradle”. Στο βιβλίο «Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things» οι Michael Braungart και Bill McDonough (2002), παρουσιάστηκε η ιδέα της ενσωμάτωσης του σχεδιασμού και της επιστήμης, που παρέχει διαρκή οφέλη για την κοινωνία που χρησιμοποιεί με ασφάλεια υλικά, νερό και ενέργεια στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας και με αυτόν τον τρόπο εξαλείφει την έννοια των αποβλήτων. Οι συγγραφείς αναφέρονται σε ένα πλαίσιο σχεδίασης, που χαρακτηρίζεται από τρεις βασικές αρχές που διέπουν τη φύση, ως εξής:

- **Κάθε υλικό αποτελεί έναν πόρο για κάτι άλλο (ή Everything is a resource for something else)**

Αφορά τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές και εμπορικές διαδικασίες και προτείνεται να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αποσυναρμολογούνται και να επιστρέφουν με ασφάλεια στο έδαφος ως βιολογικά θρεπτικά συστατικά (biological nutrients) ή να επαναχρησιμοποιούνται ως υλικά υψηλής ποιότητας για να παραχθούν νέα προϊόντα από τεχνητά θρεπτικά συστατικά (technical nutrients) χωρίς περιβαλλοντική επιβάρυνση.

NUTRIENT METABOLISMS



Εικόνα 15. Μεταβολισμός βιολογικών και θρεπτικών συστατικών.

- **Χρησιμοποιήστε καθαρές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Use clean and renewable energy)**

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να χρησιμοποιούν καθαρές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε πολλές μορφές-όπως η ηλιακή, γεωθερμική και άλλα ενεργειακά συστήματα που αναπτύσσονται-αξιοποιώντας αφενός τους άφθονους υπάρχοντες πόρους και αφετέρου υποστηρίζοντας την ανθρώπινη και περιβαλλοντική υγεία.

- **Αξιοποιήστε την ποικιλομορφία (Celebrate diversity)**

Σε όλο τον κόσμο, η γεωλογία, η υδρολογία, η φωτοσύνθεση και ο κύκλος των θρεπτικών ουσιών, ως φυσικά συστήματα, μέσω της πολυπλοκότητας τους παράγουν μια ευρεία ποικιλία προϊόντων, έτσι ώστε να διατηρείται η ευελιξία και η ανθεκτικότητα των ειδών. Η φύση είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που προκύπτουν σε κάθε τόπο και να ταιριάζουν σε αυτόν. Κατά την εφαρμογή αυτής της αρχής, στο σύστημα οικονομίας και αξιών, προωθείται η βιολογική, πολιτιστική, κοινωνική και εννοιολογική ποικιλομορφία και προτιμώνται βιώσιμες λύσεις για κάθε περιβάλλον (McDonough, 2017).

Το πρότυπο “Cradle to Cradle (C2C)” θεωρεί τα απόβλητα ως έναν αιώνιο πόρο και τροφή για έναν κύκλο προϊόντων (“Waste is Food”)*. Η ανάπτυξη του κύκλου των προϊόντων, σε αντίθεση με το γραμμικό σύστημα που περιγράφεται ως σύστημα “Cradle to Grave”, αναπτύσσεται όπως ένα υγιές οικολογικό σύστημα, όπου όλοι οι πόροι χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά και με κυκλικό τρόπο. Έτσι, τα βιολογικά θρεπτικά συστατικά εντάσσονται ξανά στη βίωση με μη τοξικό τρόπο (“Waste is Food” ή τα απόβλητα αποτελούν «τροφή»). Ακόμα, η δυνατότητα επανατοποθέτησης προϊόντων και υλικών πίσω στη βίωση μέσω μη τοξικών, κύκλων αποκατάστασης είναι η βασική ιδέα. Από την τεχνική πλευρά των θρεπτικών συστατικών, είναι εξίσου δυνατές οι βελτιώσεις στην ποιότητα τους και η διαδικασία ονομάζεται ανακύκλωση (upcycling). (EPEA GmbH)

Το πρότυπο “C2C” έχει αποτελέσει επίσης, έμπνευση για τη δημιουργία προϊόντων, ακόμα και συστημάτων παραγωγής. Η προσέγγιση αυτή έχει κερδίσει το ενδιαφέρον ορισμένων βιομηχανιών της συσκευασίας τροφίμων, που είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί

η επιχείρηση "Be Green Packaging", που παράγει συσκευασίες τροφίμων και καταναλωτικές συσκευασίες ακολουθώντας την προσέγγιση Cradle-to-Cradle (Be Green Packaging, 2013).

Το μοντέλο εφαρμόστηκε από πολλές επιχειρήσεις, οργανισμούς και κυβερνήσεις σε παγκόσμια κλίμακα, κυρίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση, την Κίνα και τις Ηνωμένες Πολιτείες (Braungart, 2013). Ο σχεδιασμός C2C αποτέλεσε επίσης το αντικείμενο πολλών δράσεων, όπως το ντοκιμαντέρ "Waste = Food".



Εικόνα 16. Σύμβολο "Cradle to Cradle"

Το πρότυπο "Cradle to Cradle Certified" αποτελεί πλέον ένα παγκοσμίως αναγνωρισμένο σύστημα πιστοποίησης ασφαλέστερων και πιο βιώσιμων προϊόντων που παράγονται για την κυκλική οικονομία. Σχεδιαστές και κατασκευαστές προϊόντων σε όλο τον κόσμο πιστοποιούνται με το σύστημα πιστοποίησης "Cradle to Cradle Certified Product Standard" για τον σχεδιασμό και την κατασκευή προϊόντων με θετικό αντίκτυπο στον άνθρωπο και τον πλανήτη. Επιπλέον, ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός επιχειρήσεων, οργανισμών και προτύπων αναγνωρίζει επίσης τη φιλοσοφία Cradle to Cradle Certified ως πρότυπο προϊόντος για υπεύθυνες αποφάσεις αγοράς. Στα πλαίσια αυτά, για να λάβουν την σχετική πιστοποίηση, τα προϊόντα αξιολογούνται σε σχέση με τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές σε πέντε κρίσιμες κατηγορίες αειφορίας: ασφάλεια υλικών, επαναχρησιμοποίηση υλικών, ανανεώσιμη ενέργεια, αποτύπωμα άνθρακα, διαχείριση νερού και κοινωνική δικαιοσύνη. Σε κάθε προϊόν εκχωρείται το αντίστοιχο επίπεδο επιτυχίας (Basic, Bronze, Silver, Gold, Platinum) για κάθε κατηγορία. Η επίτευξη της χαμηλότερης κατηγορίας πιστοποίησης ενός προϊόντος αντιπροσωπεύει και το συνολικό επίπεδο πιστοποίησης. Το πρότυπο ενθαρρύνει τη συνεχή βελτίωση με την πάροδο του χρόνου, απονέμοντας πιστοποίηση βάσει των ανερχόμενων επιπέδων επίτευξης και απαιτώντας ανανέωση πιστοποίησης κάθε δύο χρόνια (Cradle to Cradle Products Innovation Institute).

Επιπλέον διατυπώσεις από σχολές σκέψης γύρω από την κυκλική οικονομία είναι οι παρακάτω:

- Οικονομική Αποδοτικότητα (Performance Economy)

Ο Walter Stahel είναι ο ιδρυτής και διευθυντής του Product-Life Institute στην Ελβετία (1983), που αποτελεί την παλαιότερη εταιρεία παροχής συμβουλών στην Ευρώπη με αντικείμενο την ανάπτυξη βιώσιμων στρατηγικών και πολιτικών. Το Product-Life Institute βασίζεται στην ορθολογική βιωσιμότητα για την αειφορία που έχει τέσσερις διαφορετικούς στόχους: την επέκταση της ζωής ενός προϊόντος, την καλή απόδοση κατά τη διάρκεια ζωής του, τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του και τον περιορισμό των αποβλήτων. (Circular Delft)

- Αναγεννητικός Σχεδιασμός (Regenerative Design)

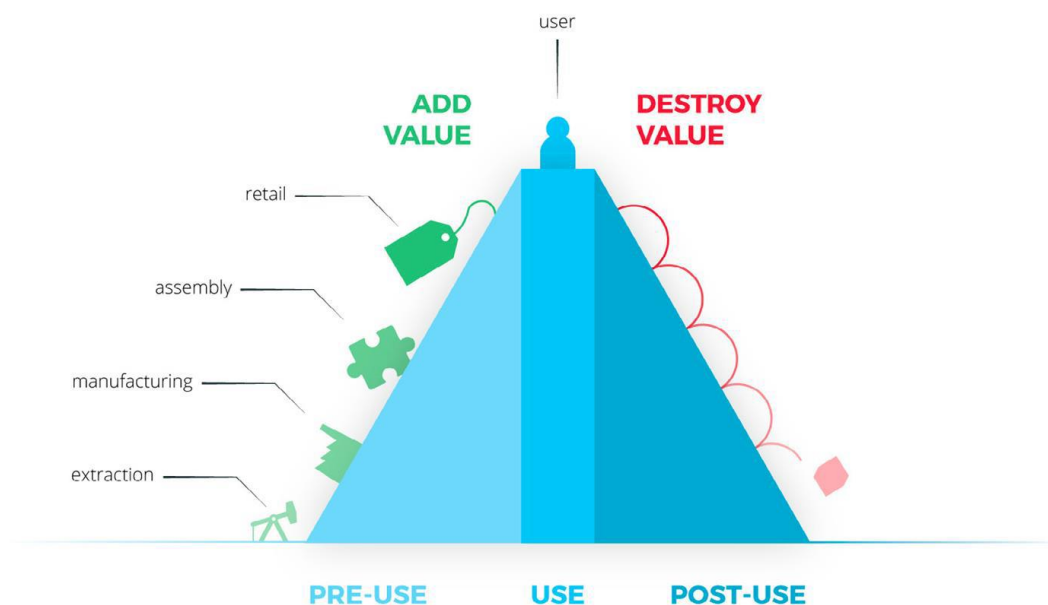
Ο Αμερικανός καθηγητής John T. Lyle, καθηγητής αρχιτεκτονικής τοπίου στο Πολιτειακό Πολυτεχνικό Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, Pomona, ανέπτυξε την ιδέα στην οποία τα συστήματα θα μπορούσαν, όπως στη φύση, να λειτουργήσουν με συνεχή αναγέννηση. Οι διαδικασίες μπορούν να ανανεωθούν ή να δημιουργήσουν πηγές ενέργειας και υλικά που με τη σειρά τους μπορούν να καταναλωθούν (Regenerative Design for Sustainable Development, 1996). (Circular Delft)

- Βιομηχανική Οικολογία (Industrial Ecology)

Η βιομηχανική οικολογία επικεντρώνεται στους συντελεστές των βιομηχανικών οικοσυστημάτων. Μελετά τις ροές υλικών και της ενέργειας μέσω των βιομηχανικών συστημάτων. Αυτή η προσέγγιση αποσκοπεί στη δημιουργία διαδικασιών κλειστού κύκλου, στις οποίες τα «απόβλητα» χρησιμοποιούνται ως εισροές. (Circular Delft)

Το γραμμικό μοντέλο (Linear Model)

Μετά την βιομηχανική επανάσταση οι οικονομίες ανέπτυξαν το γραμμικό μοντέλο της οικονομίας (linear model) που βασίζεται στην ιδέα ότι οι πόροι είναι άφθονοι, διαθέσιμοι και φθηνοί, δηλαδή στην ιδέα "απορρόφησης και διάθεσης" ('take-make-consume and dispose' δηλαδή προμήθεια, παραγωγή, απόρριψη). Στο μεταξύ, η αύξηση του πληθυσμού και των καταναλωτικών αγαθών αυξάνει συνεχώς τη ζήτηση για πρώτες ύλες, με αποτέλεσμα το παραπάνω οικονομικό μοντέλο να επιβαρύνει σημαντικά την οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνία. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, οι επιχειρήσεις εξάγουν υλικά, χρησιμοποιούν ενέργεια και κατασκευάζουν ένα προϊόν, το οποίο πωλούν σε έναν τελικό καταναλωτή-ο οποίος στη συνέχεια το απορρίπτει όταν δεν εξυπηρετεί πλέον τον σκοπό του. Ενώ έχει γίνει πρόοδος για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων, οποιοδήποτε σύστημα βασίζεται στην κατανάλωση και όχι στην εκ νέου χρήση των πόρων, έχει σημαντικές απώλειες σε όλη την αλυσίδα αξιών. Η ζήτηση των υλικών και η εκμετάλλευση των πόρων αυξάνονται συνεχώς, γεγονός που προκαλεί μεγάλη περιβαλλοντική υποβάθμιση. Από τότε που διατυπώθηκε το γραμμικό μοντέλο μέχρι σήμερα, τα μέταλλα και τα μεταλλεύματα, τα ορυκτά καύσιμα, οι ζωοτροφές και τα τρόφιμα, κι επίσης, το καθαρό νερό αλλά και τα γόνιμα εδάφη έχουν περιοριστεί σημαντικά. Υπολογίζεται ότι στην ΕΕ, χρησιμοποιούνται σχεδόν 15 τόνοι υλικών ανά άτομο ετησίως, ενώ αντίστοιχα κάθε πολίτης της ΕΕ παράγει κατά μέσο όρο πάνω από 4,5 τόνους αποβλήτων, επίσης ετησίως. Τα επιστημονικά στοιχεία είναι συντριπτικά και δείχνουν ότι η γραμμική ροή, που στηρίζεται αποκλειστικά στην εξόρυξη πόρων, δεν είναι βιώσιμη όσον αφορά τις τρεις βασικές πτυχές της αειφόρου ανάπτυξης: οικονομική, οικολογική και κοινωνική.



Εικόνα 17. Καταστροφή αξίας, Linear Model

Το μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας “Circular Economy”

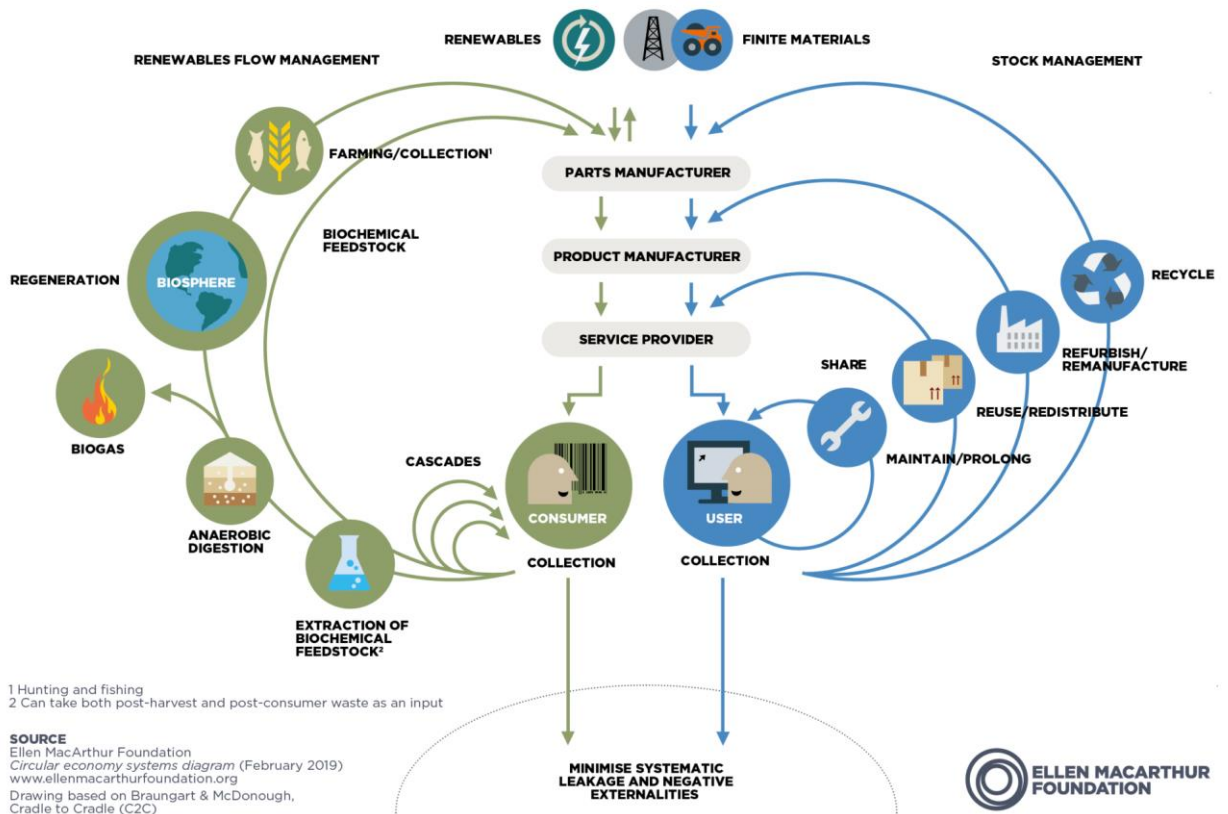
Όπως προαναφέρθηκε, καθώς η ζήτηση αγαθών αυξάνεται συνεχώς, οι φυσικοί πόροι και τα αποθέματα ενέργειας μειώνονται σημαντικά. Ταυτόχρονα, οι εκπομπές CO₂ αυξάνονται και ο παγκόσμιος ανταγωνισμός εντείνεται. Η έννοια της κυκλικής οικονομίας απαντά στην πρωτόγνωρη αυτή κατάσταση. Αποτελεί μια «οικονομία της παραγωγής», που καλύπτει ταυτόχρονα τις ανάγκες της παραγωγής και της κατανάλωσης, των δευτερογενών υλών, των αποβλήτων, της καινοτομίας και των επενδύσεων. Βασίζεται στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ελαχιστοποιεί και εξαλείφει τη χρήση τοξικών χημικών ουσιών και αποβλήτων με τον κατάλληλο σχεδιασμό.

Συνοπτικά το μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας θεωρείται ότι:

- εξοικονομεί και δίνει αξία στους περιορισμένους φυσικούς πόρους.
- μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- σταματά την πολιτική κατακερματισμού και προωθεί τη δράση με βάση τον συνδυασμό πολιτικών.
- καθιστά την οικονομία πιο ανταγωνιστική, βιώσιμη, δίκαιη, δημιουργεί νέες συνεργασίες.
- δημιουργεί νέες αγορές που αποφέρουν επαγγελματικές ευκαιρίες, θέσεις εργασίας, βελτίωση της απασχόλησης και ανάπτυξη (Hazell, 2017- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016).

Στο πεδίο του σχεδιασμού και παραγωγής προϊόντων συσκευασίας, η θεωρία της κυκλικής οικονομίας επιτρέπει να επανασχεδιαστεί το σύνολο των υλικών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία, όχι μόνο για να ξεπεραστεί η παγκόσμια πρόκληση της ρύπανσης από «πλαστικά», αλλά και για να γίνει αυτό με τρόπο, που να επιτρέπει να δημιουργηθούν λύσεις με ταχύτητα και σε μεγάλη κλίμακα. Η σχεδίαση έχει εξίσου σημαντικό ρόλο με αυτόν της διαχείρισης των πόρων, καθώς και από την αρχική σκέψη για την κατασκευή ενός προϊόντος και της συσκευασίας του ώστε όταν όλα αυτά τα είδη μετατραπούν σε απορρίμματα, να μπορούν να αποκοτούν μία νέα αξία και να χρησιμοποιούνται ξανά παραγωγικά με ποικίλους τρόπους. Οι σχεδιαστές νέων προϊόντων και οι επιχειρήσεις βρίσκονται στο επίκεντρο αυτής της μετάβασης. Υπάρχουν ήδη νέες αλλά και παλιές εταιρείες, που κάνουν μεγάλα άλματα σε ότι αφορά αυτή την βιωσιμότητα και τον σχεδιασμό των συσκευασιών τους. Επιπλέον, όσοι υιοθετήσουν πρώτοι τις πολιτικές της κυκλικής οικονομίας, θα έχουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, έναντι αυτών που θα ακολουθήσουν σε μεταγενέστερο χρόνο. Οι οργανισμοί οφείλουν να δημιουργήσουν, να αποδώσουν και να αξιοποιήσουν με τρόπο που επιτρέπει την αποδοτική και εκ νέου χρήση πεπερασμένων πόρων, διατηρώντας ταυτόχρονα τα παραγόμενα προϊόντα, εξαρτήματα και υλικά στην υψηλότερη αξία και χρησιμότητα τους. Επίσης είναι απαραίτητο να βελτιστοποιηθεί το πρότυπο του εργοστασίου που θα αφορά την αποδοτικότητα των πόρων και την εξοικονόμηση (νερού, ενέργειας, εκπομπών) για να εξασφαλιστεί η οικονομική βιωσιμότητα, χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένες τεχνολογίες χαμηλής κατανάλωσης (Ellen Macarthur Foundation, 2020) - EU Science Hub).

Οι ειδικοί είναι σε θέση να παρέχουν απαραίτητα στοιχεία στις επιχειρήσεις που επιθυμούν να μεταβούν στην υιοθέτηση της κυκλικής οικονομίας. Οι επιχειρήσεις οφείλουν με τη σειρά τους, όπως και άλλοι φορείς να συντελούν στην εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας αλλά και στην ευαισθητοποίηση και κατάλληλη ενημέρωση των καταναλωτών. Οι καταναλωτές πρέπει να ενημερώνονται για τον κατάλληλο τρόπο απόρριψης ενός προϊόντος-συσκευασίας μετά τη χρήση του.



Εικόνα 18. Διάγραμμα συστημάτων κυκλικής οικονομίας που περιλαμβάνει τη συνεχή ροή τεχνικών και βιολογικών υλικών μέσω του προτύπου ‘value circle’

Ορισμοί για την κυκλική οικονομία

- Η έννοια της κυκλικής οικονομίας αναφέρεται στην οικονομία που έχει ως στόχο την αειφόρο ανάπτυξη. Η αξία των προϊόντων, των υλικών και των πόρων διατηρείται στην οικονομία όσο το δυνατόν περισσότερο και η παραγωγή αποβλήτων ελαχιστοποιείται.
- Η κυκλική οικονομία, ως μοντέλο, στοχεύει στον επαναπροσδιορισμό της οικονομικής δραστηριότητας από το τρέχον μοντέλο λήψης απορριμμάτων (επίσης γνωστό ως γραμμικό μοντέλο) για να εστιάσει στο σχεδιασμό υλικών και προϊόντων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα και συμβάλλοντας στην αναγέννηση των φυσικών συστημάτων.

Επιπλέον έννοιες που σχετίζονται με την κυκλική οικονομία

- Η συλλογή αστικών αποβλήτων περιλαμβάνει τα απόβλητα που συλλέγονται για λογαριασμό των δήμων από αυτές τις πηγές: παραδοσιακή συλλογή από πόρτα σε πόρτα (μεικτά οικιακά απορρίμματα) και κλάσματα που συλλέγονται ξεχωριστά για εργασίες ανάκτησης (μέσω συλλογής από πόρτα σε πόρτα ή / και μέσω εθελοντικών αποθεμάτων).
- Η επέκταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων αποτελεί κεντρικό παράγοντα της κυκλικής οικονομίας. Η επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων και των συνιστωσών τους, καθώς και η ανακατασκευή τους αποτελούν μια από τις βασικές στρατηγικές. Η επαναχρησιμοποίηση εξοικονομεί τα φυσικά περιουσιακά στοιχεία των πρώτων υλών καθώς και την ενέργεια που ενσωματώνεται σε προϊόντα ή εξαρτήματα.
- Οι ροές υλικών παρουσιάζουν τις ποσότητες υλικών σε φυσικό βάρος (εξαιρουμένου του ύδατος και του αέρα) που διατίθενται σε μια οικονομία. Αυτές οι ροές υλικών περιλαμβάνουν την εξόρυξη υλικών εντός της οικονομίας και τις φυσικές εισαγωγές και εξαγωγές (δηλ. το βάρος των εισαγόμενων ή εξαγόμενων εμπορευμάτων).
- Τα αποθέματα των υλικών που ανήκουν στην οικονομία είναι κυρίως τα πάγια στοιχεία του ενεργητικού όπως ορίζονται στους εθνικούς λογαριασμούς όπως οι υποδομές, τα κτίρια, τα οχήματα και τα μηχανήματα καθώς και τα αποθέματα τελικών προϊόντων.
- Τα αστικά απόβλητα αποτελούνται από απόβλητα που συλλέγονται για λογαριασμό δημοτικών αρχών και απορρίπτονται μέσω συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων. Τα αστικά απόβλητα αποτελούνται κυρίως από απόβλητα που παράγονται από νοικοκυριά, παρόλο που περιλαμβάνουν επίσης παρόμοια απόβλητα από πηγές όπως καταστήματα, γραφεία και δημόσιους φορείς.
- Οι δευτερογενείς πρώτες ύλες είναι ανακυκλωμένα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις διεργασίες κατασκευής αντί παρθένων πρώτων υλών. Η χρήση δευτερογενών πρώτων υλών παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως αυξημένη ασφάλεια εφοδιασμού, μειωμένη χρήση υλικών και ενέργειας, μειωμένες επιπτώσεις στο κλίμα και το περιβάλλον και μειωμένο κόστος κατασκευής (Circular Economy, eurostat).

Πρότυπα που σχετίζονται με την κυκλική οικονομία

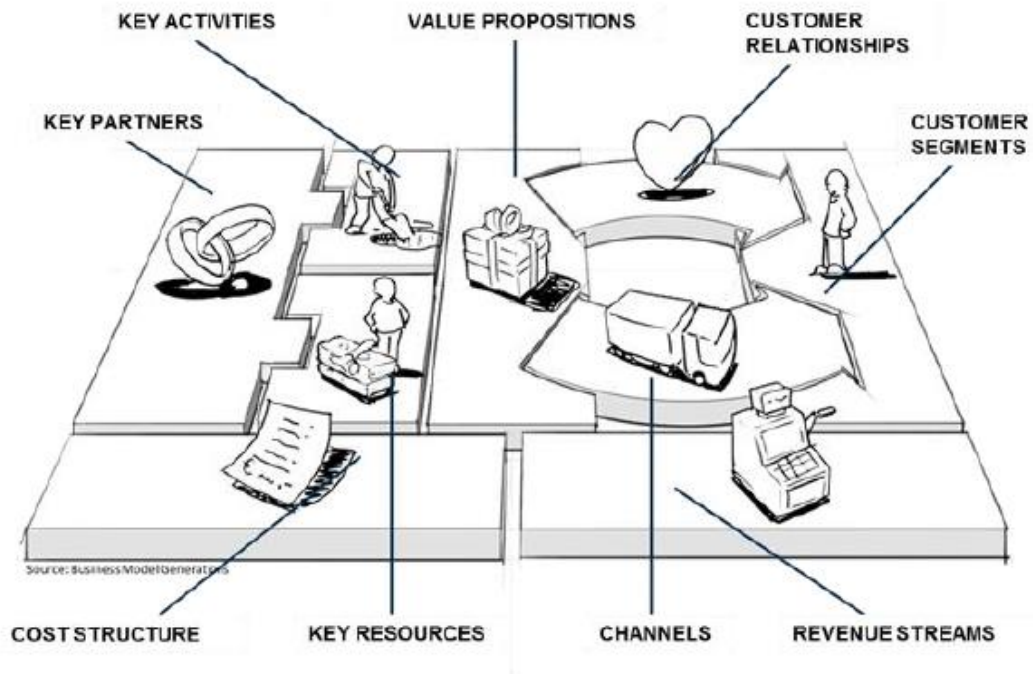
- Το πρότυπο “power of the inner circle”: αναφέρεται στην ελαχιστοποίηση συγκριτικά με τη χρήση προϊόντων έναντι του γραμμικού συστήματος παραγωγής. Όσο πιο κλειστός είναι ο κύκλος τόσο πιο υψηλή είναι η πιθανή εξοικονόμηση υλικών, εργασίας, ενέργειας και κεφαλαίου σε σχέση με το προϊόν, αλλά και με την εξοικονόμηση ενέργειας και τις ουσίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του.
- Το πρότυπο “power of circling longer”: αναφέρεται στη μεγιστοποίηση του αριθμού των διαδοχικών κύκλων (είτε επαναχρησιμοποίησης, ανακατασκευής ή ανακύκλωσης) ή / και του χρόνου σε κάθε κύκλο.
- Το πρότυπο “power of cascaded use”: αναφέρεται στη διαφοροποίηση της επαναχρησιμοποίησης σε όλη την αλυσίδα αξίας.
- Το πρότυπο “power of pure circles”: βασίζεται στο γεγονός ότι οι ροές μη μολυσμένων υλικών αυξάνουν την απόδοση συλλογής και αναδιανομής διατηρώντας ταυτόχρονα την ποιότητα, ιδιαίτερα των τεχνικών υλικών, τα οποία, με τη σειρά τους, επεκτείνουν τη μακροζωία του προϊόντος και έτσι αυξάνουν την παραγωγικότητα του υλικού (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Η μετάβαση από το γραμμικό μοντέλο στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας:

Το πρόγραμμα R2π-«Transition from linear 2 circular» περιλαμβάνεται στο έργο EU Horizon 2020, που επιτρέπει στους οργανισμούς και στις επιχειρήσεις να καινοτομούν προς πιο βιώσιμα και ανταγωνιστικά οικονομικά μοντέλα. Το έργο εξετάζει τον τρόπο μετάβασης σε επιχειρηματικά Circular Economy Business Models (CEBM), εστιάζοντας στα μέσα που προωθούν αλλά και εκείνα που εμποδίζουν την αγορά και τη χάραξη πολιτικής. Ο απώτερος στόχος του έργου R2π είναι να επιταχύνει την εκτεταμένη εφαρμογή επιχειρηματικών μοντέλων και πολιτικών κυκλικής οικονομίας για:

1. την εξασφάλιση μιας βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης.
2. την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
3. τη μεγιστοποίηση της κοινωνικής πρόνοιας.

Από τον Οκτώβριο του 2016, η κοινοπραξία R2π-αποτελούμενη από εμπειρογνώμονες από τον επιχειρηματικό τομέα, δημόσιους φορείς, ομάδες προβληματισμού και πανεπιστήμια με 16 εταιρούς από 9 χώρες-διεξήγαγε σε βάθος μελέτες περιπτώσεων επιχειρήσεων, έρευνες και ανταλλαγές ενδιαφερομένων για τον εντοπισμό των βασικών παραγόντων και εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι οργανισμοί που μεταβαίνουν σε μια κυκλική οικονομία. Έχει υπάρξει συνεργασία με αρκετές κορυφαίες επιχειρήσεις για να εισάγουν την καινοτομία στα επιχειρηματικά τους μοντέλα και να προωθήσουν την κυκλικότητα.



(a)



(b)

Εικόνα 19. a) Το Business Model Canvas (BMC) είναι ένα πλαίσιο από 9 δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μιας κοινής γλώσσας και περιγράφουν οπτικά τον τρόπο λειτουργίας των εταιρειών/οργανισμών, (b). Περιπτώσεις συνεργασίας που ανέπτυξαν σχετικά επιχειρηματικά μοντέλα.

Καλές πρακτικές χωρών που εφάρμοσαν το μοντέλο της Κυκλικής Οικονομίας:

- **Ιαπωνία:** Η Ιαπωνία ως χώρα διακρίνεται για την έλλειψη φυσικών πόρων λόγω γεωλογικών και γεωγραφικών ορίων. Η εγχώρια εξόρυξη πόρων για την παραγωγή ενέργειας είναι απαγορευτική ως προς το κόστος, με αποτέλεσμα η χώρα να εξαρτάται από τις εισαγωγές πετρελαίου για το σκοπό αυτό. Η πετρελαϊκή κρίση (δεκαετία 1970) και οι επιπτώσεις της στην παγκόσμια οικονομία ανάγκασαν τους Ιάπωνες υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να επανεξετάσουν την εξάρτηση της χώρας από το πετρέλαιο για ανάπτυξη και βιωσιμότητα. Οι προσπάθειες της ιαπωνικής κυκλικής οικονομίας υιοθέτησαν μια τριπλή στρατηγική. Η πρώτη συνίσταται σε διαρθρωτικές προσαρμογές για τη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο ως μία μοναδική πηγή ενέργειας και τη βελτιστοποίηση της βιομηχανικής δομής για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της ενεργειακής χρήσης εντός των βιομηχανιών. Το δεύτερο βήμα αφορά τη νομοθεσία για περιβαλλοντικές πολιτικές, τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου νομικού συστήματος, τη ρύθμιση της διαχείρισης των αποβλήτων και την τυποποίηση της προσέγγισης για την αντιμετώπιση των παραβιάσεων. Το τρίτο είναι η αύξηση της κοινωνικής συμμετοχής μέσω εκστρατειών εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης του κοινού (Ellen MacArthur Foundation, 2014).
- **Κίνα:** Η κυβέρνηση της Κίνας για να αντιμετωπίσει την σημαντική μείωση των φυσικών πόρων, την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και τη δημόσια απογοήτευση, εξέτασε τον οικολογικό εκσυγχρονισμό, την πράσινη ανάπτυξη και την ανάπτυξη χαμηλών εκπομπών άνθρακα, ακολουθώντας μια εθνική στρατηγική κυκλικής οικονομίας. Αποφάσισε σημαντικά βήματα, που περιλαμβάνουν την έγκριση και εφαρμογή του νόμου για την καθαρότερη παραγωγή το 2003, τη δέσμευση 1,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων των ΗΠΑ σε επενδύσεις επιστήμης/τεχνολογίας για βιώσιμη ανάπτυξη από το Υπουργείο Επιστημών και Τεχνολογίας και την έγκριση του νόμου για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας το 2009, ο οποίος σκιαγράφησε τα εθνικά σχέδια για ασφαλή επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων, εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών (Ellen MacArthur Foundation, 2014).
- **Ευρώπη:** Έχει διαπιστωθεί ότι το κυρίαρχο γραμμικό μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης που βασίζεται στην κατανάλωση πόρων και τις εκπομπές ρύπων δεν είναι πλέον βιώσιμο. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον έχουν ωθήσει το σχέδιο της κυκλικής οικονομίας στη συζήτηση της πολιτικής για την ενσωμάτωσή του. Στην Ευρώπη σήμερα, μέτρα κυκλικής οικονομίας υπάρχουν σε διάφορες περιβαλλοντικές και οικονομικές πολιτικές. Η ΕΕ έχει θέσει στόχους πολιτικής σχετικά με τους πόρους που εκτείνονται μέχρι το 2050 ως μέρος της στρατηγικής “Europe 2020”. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτοί οι στόχοι συνοδεύονται από σχετικούς στόχους και δείκτες για την παρακολούθηση της εφαρμογής (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Εργαλεία κυκλικής οικονομίας

Ανάλυση κύκλου ζωής-Life-cycle assessment (LCA)

Πίνακας 6. Γεγονότα στην ιστορία του LCA

Εφαρμογή	Χρονολογία	Σημείωση
Η Coca Cola ξεκινά την πρώτη της μελέτη συγκρίνοντας δοχεία ποτών.	1969	Δεν δημοσιεύθηκε
Έγινε η μεθοδολογική βάση για περιβαλλοντικά εκτεταμένη ανάλυση εισόδου/εξόδου.	1970	Leontief (1970)
Δημοσίευση της πρώτης δημόσιας και αξιολογημένης μελέτης LCA «Ανάλυση πόρων και περιβαλλοντικών προφίλ των εννέα εναλλακτικών για εμπορευματοκιβώτια ποτών», που ανατέθηκε από την αμερικανική EPA.	1974	EPA(1974)
Πρώτη εφαρμογή της μεθόδου εκτίμησης LCI βασισμένη στους κρίσιμους όγκους.	1984	BUS (1984)
Το πρώτο ευρέως χρησιμοποιούμενο εμπορικό λογισμικό LCA, το GaBi, κυκλοφόρησε στην πρώτη του έκδοση.	1989	Thinkstep (2016)
Το SimaPro, ένα άλλο ευρέως χρησιμοποιούμενο εμπορικό λογισμικό LCA, κυκλοφόρησε στην πρώτη του έκδοση.	1990	PRé (2016)
Διατυπώθηκε ο όρος «Life Cycle Assessment».	1991	SETAC (1991)
Εμφάνιση πολλών βάσεων δεδομένων LCI που διαχειρίζονται διάφορα ιδρύματα.	Early 1990s	
Πρώτη μεθοδολογία εκτίμησης επιπτώσεων με γνώμονα το περιβάλλον, CML92.	1992	Heijungs et al. (1992)
Ο κώδικας πρακτικής SETAC δημοσιεύθηκε σε προσπάθεια εναρμόνισης του πλαισίου, της ορολογίας και της μεθοδολογίας του LCA.	1993	SETAC(1993)
Γεννήθηκε το ακαδημαϊκό περιοδικό αφιερωμένο στην LCA, το International Journal of Life Cycle Assessment.	1996	

Κυκλοφόρησε το πρότυπο ISO 14040 σχετικά με τις αρχές και το πλαίσιο LCA.	1997	ISO 14040
Κυκλοφόρησε το πρότυπο ISO 14041 σχετικά με τον στόχο και το εύρος του ορισμού του LCA.	1998	ISO 14041
Εμφανίζεται η μεθοδολογία * <i>Eco-indicator 99</i> , η οποία αφορά τον οικολογικό δείκτη περί ζημιών.	1999	Goedkoop and Spriensma (2000)
Κυκλοφόρησε το πρότυπο ISO 14042 για την εκτίμηση επιπτώσεων του κύκλου ζωής.	2000	ISO 14042
Κυκλοφόρησε το πρότυπο ISO 14043 για την ερμηνεία του κύκλου ζωής.	2000	ISO 14043
Ξεκίνησε η Πρωτοβουλία UNEP / SETAC Life Cycle (Initiative).	2002	
Κυκλοφορεί η βάση δεδομένων LCI ecoinvent 1.01.	2003	Ecoinvent (2016)
Θέσπιση ενός γενικού μεθοδολογικού πλαισίου και χωρίς καθοδήγηση για LCA μέσω ISO 14040 και ISO 14044.	2006	
Προτάθηκε ένα πλαίσιο ανάλυσης βιωσιμότητας κύκλου ζωής.	2008	Klöppfer (2008)
Δημοσιεύτηκε το εγχειρίδιο ** <i>ILCD</i> .	2010	EC (2010)
Δημοσιεύθηκαν οι οδηγίες PEF και OEF.	2012 και ύστερα	

Επεξηγήσεις στοιχείων του παραπάνω Πίνακα 3:

**Eco-Indicator 99*

Το *Eco-Indicator 99* είναι ένα εργαλείο εκτίμησης επιπτώσεων κύκλου ζωής που αναπτύχθηκε από την *PRé Consultants B.V.* Το *Eco-Indicator 99* βοηθά τους σχεδιαστές να κάνουν μια περιβαλλοντική εκτίμηση ενός προϊόντος υπολογίζοντας τις τιμές οικολογικών δεικτών για υλικά και διαδικασίες που χρησιμοποιούνται. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρέχουν μια ένδειξη των τομέων για βελτιώσεις προϊόντων. Ο οικολογικός δείκτης αναφέρεται σε τρεις ενότητες:

- Παραγωγή πρώτων υλών (π.χ. πολυστυρόλιο), επεξεργασία και κατασκευή (π.χ. χύτευση με έγχυση)
- Μεταφορά προϊόντος (π.χ. αποστολή), ενέργεια σε χρήση (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια) και αναλώσιμα σε χρήση (π.χ. χαρτί)
- Διάθεση προϊόντος

Η νέα μέθοδος *ReCiPe* διαδέχεται τώρα τη μέθοδο (*Eco-δείκτης 99* αντίκτυπος). Πρόσφατα αναπτύχθηκαν επίσης άλλα νέα μοντέλα αξιολόγησης που συνδέουν τα αποτελέσματα του κόστους σε τρεις κατηγορίες (τελικά σημεία στην ορολογία *ISO*):

- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία
- Επιπτώσεις στην ποιότητα του οικοσυστήματος
- Επιπτώσεις στους πόρους (αντίκτυπος οικολογικού δείκτη 99).

***ILCD (Life Cycle Data System)*

Το Διεθνές Σύστημα Δεδομένων Αναφοράς Κύκλου Ζωής (*ILCD*) είναι μια πρωτοβουλία που αναπτύχθηκε από το *JRC* και *DG ENV* από το 2005, με στόχο την παροχή καθοδήγησης και προτύπων για μεγαλύτερη συνέπεια και διασφάλιση ποιότητας στην εφαρμογή του *LCA*. Οι εκδόσεις του *ILCD* έχουν δημιουργηθεί μέσω μιας σειράς εκτεταμένων διαβουλεύσεων με το κοινό και τους ενδιαφερόμενους.

Το μοντέλο life-cycle assessment (*LCA*), δηλαδή της εκτίμησης του κύκλου ζωής, έχει τις ρίζες του, όπως προαναφέρθηκε, από τις αρχές της δεκαετίας του 1960. Εκείνη την εποχή, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις πόρων και περιβαλλοντικών προγραμμάτων, “Registered Environmental Property Assessor” (*REPA*), με στόχο να προβλεφθεί ότι οι αλλαγές στον πληθυσμό θα επηρεάσουν τους συνολικούς πόρους ορυκτών και ενέργειας στον κόσμο. Το 1972, το γραφείο στερεών αποβλήτων στο “United States Environmental Protection Agency” (*USEPA*) πρότεινε ρυθμίσεις για τη δραστηριότητα των βιομηχανιών συσκευασίας στις Ηνωμένες Πολιτείες. Τη δεκαετία του 1970 οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών συσκευασίας, ειδικά των δοχείων για ποτά, ήταν σημαντικές, λόγω προβλημάτων των απορριμμάτων. Η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων εισήγαγε την οδηγία για τα δοχεία υγρών τροφίμων το 1985. Τέλος, το 1995, αναπτύχθηκε για την Ευρωπαϊκή Κοινότητα μια τυπική μεθοδολογία για το *LCA* στις συσκευασίες. Με βάση αυτήν τη μεθοδολογία, πραγματοποιήθηκε μια μελέτη *LCA* για συστήματα συμπαγούς απορρυπαντικής συσκευασίας. Η μελέτη έδειξε ότι από περιβαλλοντικής άποψης, είναι σκόπιμο να γίνει επαναχρησιμοποίηση αυτών των συσκευασιών. Πολλές εργασίες αξιολόγησης κύκλου ζωής

(LCA) και κόστους κύκλου ζωής (LCI) πραγματοποιήθηκαν σε συσκευασίες και υλικά συσκευασίας τη δεκαετία του 1970. Οι περισσότερες από αυτές αναλύουν και συγκρίνουν ολόκληρα συστήματα συσκευασίας. Το κύριο ερώτημα ήταν αν πρέπει να χρησιμοποιούνται πλαστικά ή επαναχρησιμοποιούμενα γυάλινα μπουκάλια μιας χρήσης. Γενικά, οι γυάλινες και επιστρεφόμενες φιάλες θεωρούνται περιβαλλοντικά περισσότερο αποδεκτές. Ωστόσο, οι μεγάλες αποστάσεις μεταφοράς, οι αναποτελεσματικές επιστροφές κενών φιαλών, το γεγονός ότι οι πλαστικές φιάλες είναι ελαφρότερες και το ότι ένα πλήρως φορτωμένο φορτηγό μεταφέρει 1.867 φορές περισσότερες φιάλες νερού από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) από ό,τι σε γυάλινες φιάλες, απαντά το γιατί έχει προτιμηθεί. Για παράδειγμα, η μελέτη που προώθησε η Lox κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα πλαστικά μπουκάλια μονής κατεύθυνσης μπορούν να είναι περιβαλλοντικά προτιμότερα από το γυάλινο που επιστρέφεται λόγω του ρόλου της μεταφοράς. Η χρήση ορυκτών καυσίμων και η επακόλουθη συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη είναι υψηλότερες για το γυαλί, ακόμη και αν υποθεθεί ότι ανακυκλώνεται έως και 20 φορές (Pongrácz E., 2007).

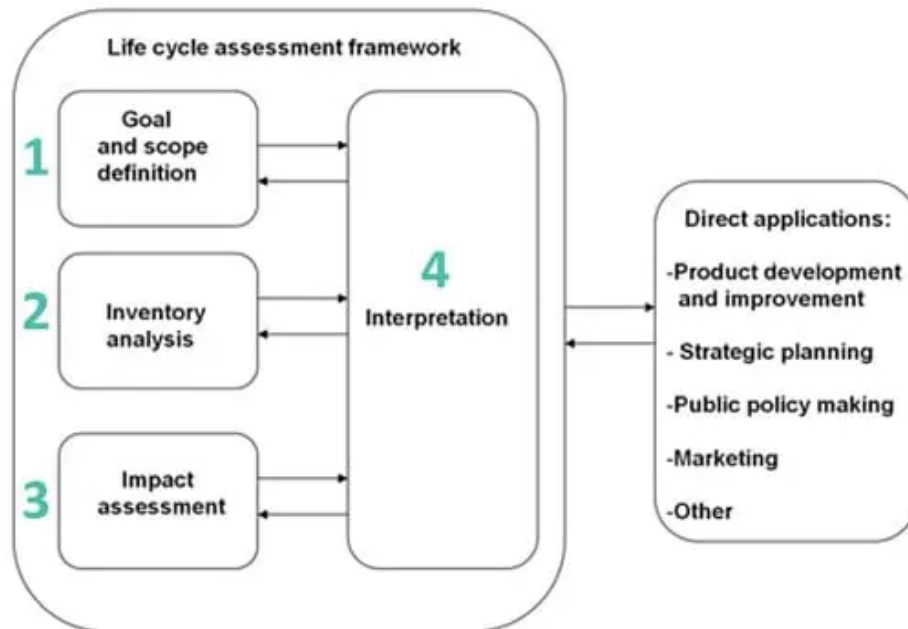
Στάδια κύκλου ζωής:

Η μελέτη LCA αξιολογεί τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (Curran 1996), δηλαδή τις σωρευτικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που είναι δυνατόν να προκύψουν από τα παρακάτω στάδια κύκλου ζωής (Μουσιόπουλος, 2015):

- Εξόρυξη και επεξεργασία πρώτων υλών
- Κατανάλωση ενέργειας
- Χρήση νερού και λιπαντικών
- Παραγωγή
- Συσκευασία
- Διάρκεια ζωής
- Μεταφορά
- Χρήση
- Τελική διάθεση
- Επαναχρησιμοποίηση/συντήρηση
- Ανακύκλωση/ανάκτηση αποβλήτων

Πολλές επιχειρήσεις εφαρμόζουν το LCA ως “εργαλείο” για την διερεύνηση τρόπων μετάβασης, πέρα από τη συμμόρφωση, χρησιμοποιώντας στρατηγικές πρόληψης της ρύπανσης και συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης για να βελτιώσουν την περιβαλλοντική τους απόδοση. Στόχος είναι να τεκμηριωθεί και να βελτιωθεί το συνολικό περιβαλλοντικό προφίλ του προϊόντος.

Οι επιχειρήσεις οφείλουν να συγκρίνουν τις διάφορες επιχειρηματικές προτάσεις και να επιλέξουν τη βέλτιστη πρόταση σε ό,τι αφορά την ολοκλήρωση ενός αποδοτικού κύκλου ζωής του προϊόντος. Είναι σημαντικό να έχει προηγηθεί μία μελέτη που να σφριγομετρεί τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες και προτιμήσεις, αλλά και τις τεχνολογικές δυνατότητες κάθε τύπου.



Εικόνα 20. Δομή LCA και εφαρμογές.

Σχεδιασμός δεικτών μέσω του LCA:

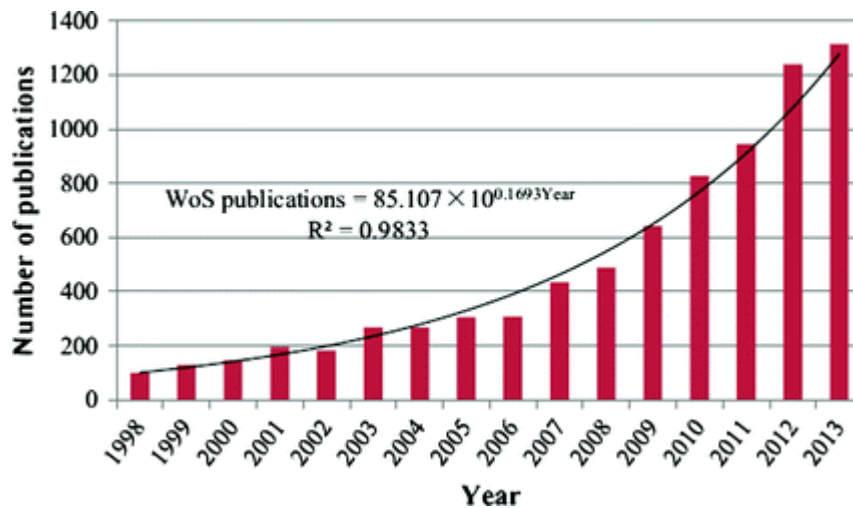
Το πλαίσιο μεθοδολογίας του LCA προτείνεται από το Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) και αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια (Μουσιόπουλος, 2015), ως εξής:

- Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης
- Καταγραφή δεδομένων
- Εκτίμηση των επιπτώσεων
- Εκτίμηση βελτιώσεων

Το ανερχόμενο ενδιαφέρον σχετικά με τη χρήση του εργαλείου LCA αντικατοπτρίζεται στο πλήθος των σχετικών δημοσιεύσεων, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

“International Journal of Life Cycle Assessment”:

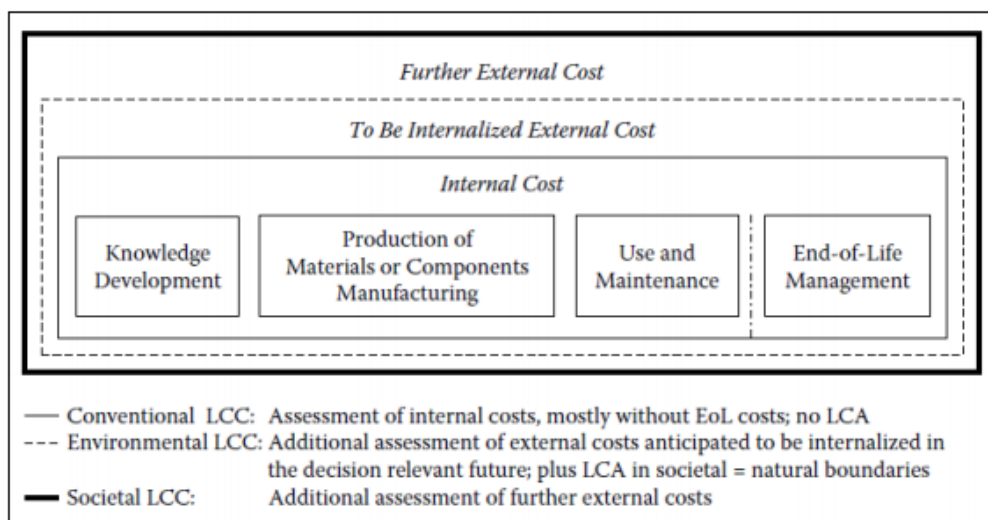
Το περιοδικό International Journal of Life Cycle Assessment δημοσίευσε λιγότερα από 100 αντίτυπα εφημερίδων το 1998 και περισσότερα από 1300 το 2013, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Bjørn, 2017).



Εικόνα 21. Πλήθος δημοσιεύσεων του περιοδικού International Journal of Life Cycle Assessment ανά έτος (1998-2013)

Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής-Life-cycle costs (LCC)

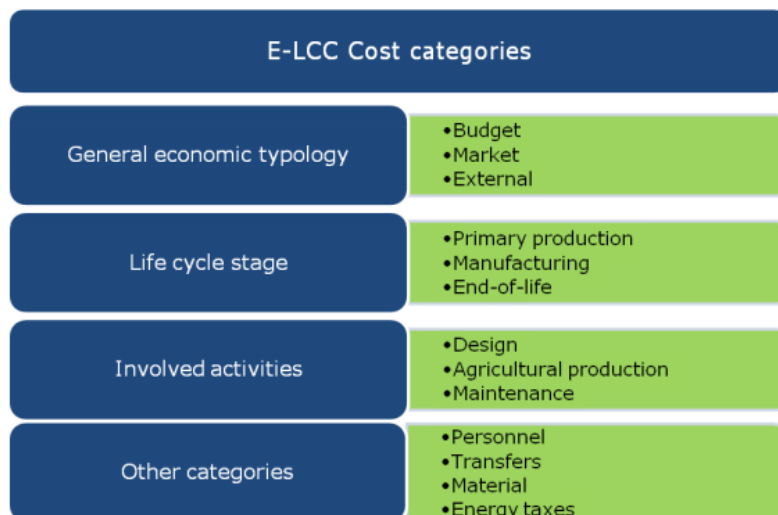
Υπάρχουν τρεις κύριες προσεγγίσεις για το LCC: Συμβατικό ((Conventional LCC (C-LCC)), Περιβαλλοντικό (Environmental LCC (E-LCC)) και Κοινωνικό (Social LCC (S-LCC)). Οι λεγόμενες συμβατικές τεχνικές κοστολόγησης κύκλου ζωής (C-LCC) είναι καθιερωμένες τόσο στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία, στο δημόσιο τομέα όσο και στη λογιστική των επιχειρήσεων. Ήδη από τη δεκαετία του 1930, το Γενικό Λογιστήριο των ΗΠΑ άρχισε να συμπεριλαμβάνει το κόστος λειτουργίας και συντήρησης στις δημόσιες συμβάσεις (Dietershagen 2018; Dhillon, 2009; Heralova, 2017). Αργότερα, στη δεκαετία του 1970 το LCC συμπεριλήφθηκε στη δημόσια αγορά σπλικών συστημάτων και κτιρίων στις ΗΠΑ, και την ίδια περίοδο αρκετές ευρωπαϊκές χώρες άρχισαν να το χρησιμοποιούν (Hunkeler et al. 2008).



Source: Hunkeler et al. 2008

Εικόνα 22. Οι τρεις κατηγορίες LCC

Πίνακας 7. Παραδείγματα κατηγοριών με βάση το κόστος E-LCC



Source: Authors elaboration on Hunkeler et al. 2008

Το LCC εφαρμόζεται από έναν αυξανόμενο αριθμό δημόσιων αρχών σε ολόκληρη την ΕΕ και σε μια σειρά τομέων. Σύμφωνα με τους κανόνες της ΕΕ για τις δημόσιες συμβάσεις του 2014, μια σύμβαση πρέπει να ανατεθεί με βάση την πιο συμφέρουσα από οικονομική άποψη προσφορά. Σε αυτήν τη γενική επικεφαλίδα διατίθενται διάφορες προσεγγίσεις, ορισμένες από τις οποίες μπορεί να θεωρηθούν κατάλληλες για το GPP (*Green Public Procurement*)*. Το κόστος ή η τιμή αποτελούν μέρος της αξιολόγησης οποιασδήποτε διαδικασίας και είναι συνήθως ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες (European Commission).

**GPP (Green Public Procurement)*

Οι δημόσιες αρχές της Ευρώπης είναι σημαντικοί καταναλωτές. Χρησιμοποιώντας την αγοραστική τους δύναμη για να επιλέξουν φιλικά προς το περιβάλλον αγαθά, υπηρεσίες και έργα, μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή - αυτό που ονομάζουμε «πράσινες δημόσιες συμβάσεις (GPP) ή πράσινες αγορές». Παρόλο που το GPP είναι ένα εθελοντικό μέσο, κατέχει βασικό ρόλο στις προσπάθειες της ΕΕ να καταστεί μια οικονομία αποδοτικότερη από τους πόρους. Μπορεί να συμβάλει στην τόνωση μιας κρίσιμης μάζας ζήτησης για πιο βιώσιμα αγαθά και υπηρεσίες που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο να εισέλθουν στην αγορά. Το GPP είναι επομένως ένα ισχυρό κίνητρο για την οικο-καινοτομία. (European Commission)

Γενικά, στην εκτίμηση του κόστους κύκλου ζωής (LCC) περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των δαπανών που αφορούν όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, της εργασίας ή της υπηρεσίας:

- Τιμή αγοράς και όλα τα σχετικά έξοδα (παράδοση, εγκατάσταση, ασφάλιση κ.λπ.)
- Κόστος λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, της χρήσης καυσίμου και νερού, ανταλλακτικών και συντήρησης
- Κόστος στο τέλος του κύκλου ζωής (όπως παροπλισμός ή διάθεση) ή υπολειμματική αξία (δηλ. έσοδα από πώληση προϊόντος)

Η εκτίμηση LCC μπορεί επίσης να περιλαμβάνει το κόστος των εκπομπών (όπως οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου) κάτω από ειδικούς όρους που καθορίζονται στις οδηγίες. Οι τρέχουσες (2014) οδηγίες απαιτούν όπου χρησιμοποιείται το LCC, η μέθοδος υπολογισμού και τα δεδομένα που πρέπει να παρέχονται από τους προσφέροντες να παρατίθενται στα έγγραφα προμηθειών. Ισχύουν

επίσης ειδικοί κανόνες σχετικά με μεθόδους εκχώρησης κόστους σε περιβαλλοντικές εξωτερικές επιπτώσεις, οι οποίες στοχεύουν να διασφαλίσουν ότι αυτές οι μέθοδοι είναι δίκαιες και διαφανείς.

Το LCC έχει νόημα ανεξάρτητα από τους περιβαλλοντικούς στόχους μιας δημόσιας αρχής. Με την εφαρμογή του LCC, οι δημόσιοι αγοραστές λαμβάνουν υπόψη το κόστος χρήσης, συντήρησης και διάθεσης πόρων που δεν αντικατοπτρίζονται στην τιμή αγοράς. Συχνά αυτό θα οδηγήσει σε "win-win" καταστάσεις όπου ένα πιο πράσινο προϊόν, εργασία ή υπηρεσία είναι επίσης γενικά φθηνότερη. Οι κύριες δυνατότητες εξοικονόμησης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός αγαθού, εργασίας ή υπηρεσίας είναι οι παρακάτω:

- Εξοικονόμηση χρήσης ενέργειας, νερού και καυσίμων
- Εξοικονόμηση συντήρησης και αντικατάστασης
- Εξοικονόμηση κόστους διάθεσης

Οι Fantozzi et al. (2019) ενισχύουν τον ισχυρισμό για την αειφορία αναφέροντας ότι το LCC είναι ουσιαστικά μια ιδέα που κάνει τη διαδικασία σχεδιασμού πιο ολοκληρωμένη και δομημένη και ως εκ τούτου καθοδηγεί συνειδητά τους επενδυτές στις αποφάσεις τους. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων αντιμετωπίζουν γενικά την πρόκληση της διαχείρισης και της παράδοσης έργων που δεν είναι μόνο οικονομικά βιώσιμα αλλά και περιβαλλοντικά βιώσιμα (Miah et al., 2015). Μια ολοκληρωμένη ανάλυση μπορεί επομένως να παρέχει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων ένα ισορροπημένο σύνολο πληροφοριών για να λάβουν υπόψη το περιβάλλον και την οικονομία (Albuquerque, 2019).

Πράσινη Οικονομία (Green Economy)

Η πράσινη οικονομία είναι ένα σύστημα οικονομικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την παραγωγή, τη διανομή και την κατανάλωση αγαθών και υπηρεσιών που έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ανθρώπινης ευημερίας μακροπρόθεσμα, χωρίς να εκθέτει τις μελλοντικές γενιές σε σημαντικούς περιβαλλοντικούς κινδύνους και οικολογικές ελλείψεις (Sustain graph).

Η πράσινη οικονομία, γνωστή και ως οικολογική οικονομία, δεν καλύπτει μόνο περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως μπορεί να σημαίνει και το όνομά της. Περιλαμβάνει επίσης κοινωνικές και περιβαλλοντικές εκτιμήσεις, καθώς και πνευματικές ανησυχίες των ατόμων, παράγοντες που οι οικονομικές μελέτες έχουν ιστορικά αγνοήσει και προτείνει τη δημιουργία ενός νέου οικονομικού μοντέλου. Αυτό το μοντέλο, σύμφωνα με τον Brian Milani, διδάσκοντα της πράσινης πολιτικής οικονομίας και την κοινωνικής αλλαγής στο Τορόντο, συγγραφέα του *Designing the Green Economy*³ πρέπει να εναρμονίσει τις δραστηριότητές μας με τη φύση και να καλύψει τις βασικές ανάγκες όλων. Ενώ η περιβαλλοντική οικονομία αναρωτιέται πώς η βιομηχανική οικονομία μπορεί να είναι λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον και τους ανθρώπους, η πράσινη οικονομία αναρωτιέται γιατί η οικονομία πρέπει να είναι καταστροφική έναντι όλων των φυσικών και οικολογικών κληρονομιών.

Οι εταιρείες πρέπει να εισάγουν στη γενική και κοινή διαχείριση εργαλεία που τους επιτρέπουν να αποτρέπουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Με αυτόν τον τρόπο, ο περιβαλλοντικός παράγοντας θα ενσωματωθεί στην επιχειρηματική στρατηγική. Ένας καθοριστικός δείκτης μιας πράσινης

οικονομίας, συνεπώς, είναι το ποσοστό των φιλικών προς το περιβάλλον και των βελτιωμένων προϊόντων και υπηρεσιών, στο σύνολο της παραγωγής και της απασχόλησης.

Η αναπτυξιακή πορεία θα πρέπει να διατηρήσει, να ενισχύσει και, όπου είναι απαραίτητο, να ανοικοδομήσει το φυσικό κεφάλαιο ως κρίσιμο οικονομικό πλεονέκτημα και ταυτόχρονα ως πηγή δημόσιου οφέλους, ειδικά για ανθρώπους χαμηλής οικονομικής δυνατότητας, των οποίων η διαβίωση και η ασφάλεια εξαρτώνται από τη φύση. (un)

Πράσινη Συσκευασία (“Green Packaging”) και “Greenwashing”

“Green Packaging”

Ως πράσινη συσκευασία, μπορεί να χαρακτηριστεί μία «οικολογική συσκευασία» ή μία «συσκευασία φιλική προς το περιβάλλον», η οποία κατασκευάζεται πλήρως από φυσικά υλικά, που μπορεί να ανακυκλωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί. Επίσης εξυπηρετεί στην αειφόρο ανάπτυξη κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της και να είναι ακίνδυνη για το περιβάλλον και για την υγεία ανθρώπων και ζώων. Εν ολίγοις, η πράσινη συσκευασία είναι η κατάλληλη συσκευασία που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακυκλωθεί ή να διασπαστεί, να αποσυντεθεί και να μην προκαλέσει ρύπανση ή βλάβη στον άνθρωπο και στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Οι εθνικοί και διεθνείς φορείς θα πρέπει να καθορίζουν πολιτικές και κανονισμούς, χρήση οικονομικών μέσων για τον περιορισμό και την ενθάρρυνση της χρήσης των κατασκευαστών στον σχεδιασμό προϊόντων και την συμπεριφορά επεξεργασίας συσκευασιών, προκειμένου να προωθηθεί η πράσινη συσκευασία. Επιπλέον να προωθούν την ανάπτυξη και εφαρμογή νέων υλικών συσκευασίας μέσω της νομοθεσίας.

“Greenwashing”

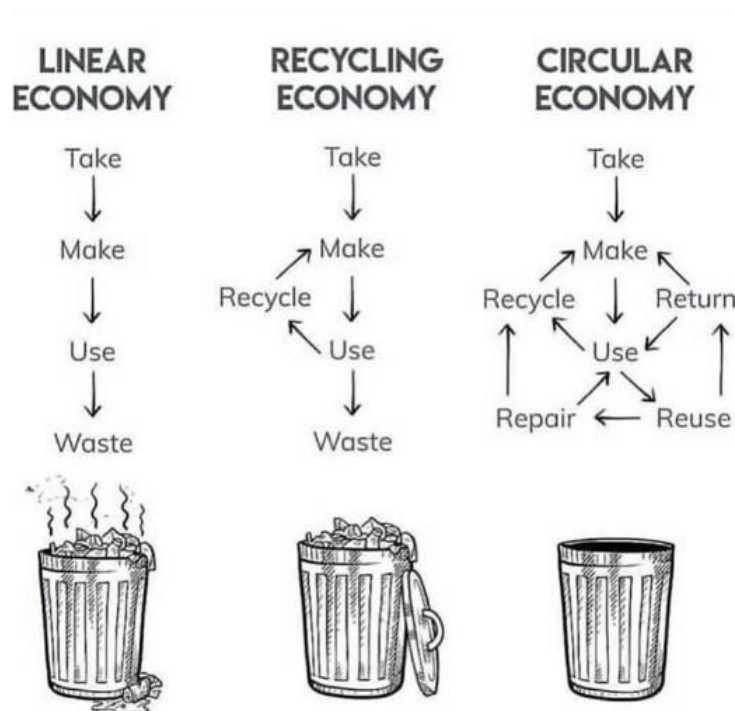
Ο όρος Greenwash αναφέρεται ως όρος του marketing και αφορά τις περιπτώσεις εκείνες των εταιρειών που προβάλλονται ως φιλικές προς το περιβάλλον ενώ στην πραγματικότητα δεν είναι ουσιαστικά. Πολλές συσκευασίες υποστηρίζουν πως είναι ‘eco-friendly’, χωρίς λεπτομερείς πληροφορίες για την βιωσιμότητα της συσκευασίας, το πως ο χρήστης μπορεί να την απορρίψει κλπ. Κάποιες συσκευασίες επίσης μπορεί να είναι βιώσιμες κατά ένα μικρό ποσοστό, όπως για παράδειγμα το 10% της συσκευασίας να αποτελείται από ανακυκλωμένο PET. Στην πραγματικότητα όχι μόνο δεν αντιπροσωπεύει το σύνολο της συσκευασίας αλλά τελικά οδηγεί σε μια λιγότερο πράσινη οικονομία.

5ο Κεφάλαιο

Έρευνα και μελέτη βασικών στρατηγικών της κυκλικής οικονομίας

Η έρευνα και η μελέτη που ακολουθεί έγινε σύμφωνα με τις βασικές στρατηγικές, που περιλαμβάνονται στην κυκλική οικονομία και συνοψίζονται ως εξής: *Reduce, Reuse, Renew, Rethink, Recycle*.

Η συμμόρφωση στις στρατηγικές της κυκλικής οικονομίας αποβλέπει στην παραγωγή βιώσιμων συσκευασιών είτε αυτό αφορά τη δημιουργία μιας νέας συσκευασίας εξαρχής είτε την αναπροσαρμογή μιας ήδη υπάρχουσας. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι στρατηγικές αυτές λειτουργούν συνδυαστικά, ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 23. Τα οικονομικά μοντέλα: “Linear Economy”, “Recycling Economy”, “Circular Economy”.

Reduce (Μείωση)

Η έννοια *reduce* σημαίνει τη μειωμένη χρήση φυσικών πόρων και εισροών ενέργειας, πρώτων υλών και αποβλήτων σε σχέση με τις υπάρχουσες χρήσεις. Αυτός ο ορισμός μπορεί να επεκταθεί και στη μείωση του αριθμού των παραγόμενων προϊόντων ώστε να περιοριστεί η σπατάλη πόρων και ενέργειας, επίσης. Ωστόσο, η στρατηγική Reduce μπορεί επίσης να συνδεθεί με την στρατηγική Reuse, αντίστοιχα. Η ιδέα της μείωσης πόρων συνδέεται με τη φιλοσοφία “Concept / Design” δηλαδή την στρατηγική της χρήσης λιγότερων υλικών ανά μονάδα παραγωγής ή με τη μείωση των υλικών ή την “αποϋλοποίηση” των εφαρμογών (Morseletto, 2019).

Η διαδικασία “Natural Branding” της eosta

Η επιχείρηση eosta, που είναι διανομέας βιολογικών φρούτων και λαχανικών, ανακοίνωσε την στενή συνεργασία της με 32 αλυσίδες λιανικής σε 13 χώρες και αποτελεί μια επιχείρηση που πέτυχε να μειώσει περισσότερο από 22 εκατομμύρια μονάδες περιττών πλαστικών συσκευασιών λόγω της τεχνολογίας Natural Branding laser. Η τεχνολογία αυτή αποτελεί μια σύγχρονη ιδέα σήμανσης φρούτων και λαχανικών με τη χρήση ακτίνων λέιζερ. Πολλά βιολογικά προϊόντα σε σούπερ μάρκετ συσκευάζονται με πλαστικές μεμβράνες για να διακρίνονται από εκείνα που πωλούνται χύμα, λόγω της διαφορετικής τους τιμής. Οι αυτοκόλλητες ετικέτες είναι μια εναλλακτική λύση, αλλά το πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι μπορεί να αφαιρεθούν κατά λάθος και εκτός αυτού χρησιμοποιούν διάφορα υλικά, όπως χαρτί, κόλλα, μελάνι κ.λπ. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, η τεχνολογία Nature & More μπορεί να σηματοδοτήσει φρέσκα προϊόντα χωρίς να χρησιμοποιηθούν υλικά συσκευασίας. Σύμφωνα με τη διαδικασία Natural Branding, αφαιρείται ένα λεπτό στρώμα από την εξωτερική φλούδα του προϊόντος, και είναι μια μέθοδος που εγκρίθηκε από την EU Organic Certifier SKAL, καθώς δεν χρησιμοποιούνται πρόσθετες ουσίες. Η μέθοδος εφαρμόζεται επιφανειακά, ώστε να μην επηρεάζει τη γεύση, το άρωμα ή τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Επίσης, η κατανάλωση είναι ασφαλής ακόμα κι όταν καταναλωθεί ολόκληρο το φρούτο, δηλαδή ακόμη και το μέρος εκείνο που φέρει την σήμανση. Υπολογίστηκε ότι η ενέργεια που απαιτείται για τη σήμανση είναι μικρότερη από 1% της ενέργειας που απαιτείται για ένα αυτοκόλλητο. Τελικά, οι ετικέτες λέιζερ εγκρίθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση το 2013. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται από το 2009 στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία, ενώ η βασική μέθοδος κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1997.



(a)



(b)



(c)

Εικόνα 24 (a, b, c). Εφαρμογές “Natural Branding” σε προϊόν

Reuse (Επαναχρησιμοποίηση)

Περιλαμβάνει τη συλλογή, τον καθαρισμό και την επαναχρησιμοποίηση αντικειμένων συσκευασίας για τον ίδιο σκοπό. Η επαναχρησιμοποίηση είναι η πιο οικονομική και περιβαλλοντικά επωφελής στρατηγική σε μια κυκλική οικονομία. Τα τελικά προϊόντα αξίζουν πολύ περισσότερο από τις πρώτες ύλες από τις οποίες αποτελούνται και η άμεση επαναχρησιμοποίηση τους διατηρεί το μεγαλύτερο μέρος της αξίας και την ενσωματωμένη ενέργεια που χρειάστηκε για την παραγωγή τους.

Η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί ως στρατηγική της κυκλικής συσκευασίας με δύο τρόπους:

1. Οι καταναλωτές κατέχουν τη συσκευασία και ξαναγεμίζουν με το επιθυμητό προϊόν.

Αγοράζουν τη συσκευασία μία φορά, τη συντηρούν και την καθαρίζουν οι ίδιοι, αγοράζοντας μόνο τα ανταλλακτικά του προϊόντος, που θα καταλωθεί, ενώ η ίδια η συσκευασία μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

2. Ο παραγωγός διαθέτει και γεμίζει τη συσκευασία, ο καταναλωτής χρησιμοποιεί το προϊόν και επιστρέφει τη συσκευασία. Ο παραγωγός πρέπει να συλλέξει τη συσκευασία, να την καθαρίσει, να την συντηρήσει και μπορεί να πουλήσει ένα νέο προϊόν σε μια ίδια συσκευασία.

Παραδείγματα επαναχρησιμοποιήσιμης συσκευασίας:

- Τα μπουκάλια μπύρας αποτελούν παράδειγμα επαναχρησιμοποιήσιμων συσκευασιών. Ο καταναλωτής πρέπει να πληρώσει μια προκαταβολή η οποία επιστρέφεται όταν επιστραφεί το μπουκάλι πίσω στο κατάστημα. Ο κατασκευαστής διατηρεί την κυριότητα της φιάλης και ο καταναλωτής το χρησιμοποιεί μόνο κατά την περίοδο κατανάλωσης. Ο κατασκευαστής διατηρεί και επαναχρησιμοποιεί τη φιάλη για έναν ορισμένο αριθμό κύκλων μετά τους οποίους θα ανακυκλωθούν σε νέες φιάλες.
- Εστιατόρια ή μπαρ που πωλούν βαρελίσια μπύρα, αγοράζοντας την σε βαρέλια που μπορούν να συνδεθούν με τη βρύση. Ο ιδιοκτήτης του μπαρ αγοράζει την μπύρα από ένα ζυθοποιείο και την πουλάει στους επισκέπτες. Τα βαρέλια επιστρέφονται στο ζυθοποιείο, όπου θα καθαριστούν και θα ξαναγεμιστούν.
- Τα κάμπινγκ στη Γαλλία έχουν συνήθως μεγάλα δοχεία αερίου για την αποθήκευση καυσίμων για τη θέρμανση του νερού σε τοπικό επίπεδο. Ένα φορηγό δεξαμενών έρχεται και ξαναγεμίζει αυτά τα δοχεία. Σε αυτήν την περίπτωση, ο κάτοχος του κάμπινγκ αγοράζει μόνο το νέο αέριο και επαναχρησιμοποιεί τα δικά του δοχεία.

Περίπτώσεις επαναχρησιμοποιούμενων συσκευασιών

Περίπτωση 1: Επαναχρησιμοποιούμενη συσκευασία Twenty

Η συσκευασία “Twenty”, δημιουργήθηκε το 2017 από την Mirjam de Bruijn, απόφοιτο του “Design Academy Eindhoven (DAE)”. Τα περισσότερα από τα οικιακά προϊόντα, όπως κρέμες και καθαριστικά, αποτελούνται από 80% νερό. Αν αυτή η ποσότητα νερού έλειπε θα εξοικονομούνταν πολλές περιττές μεταφορές, εκπομπές CO₂ και συσκευασίες. Παράδειγμα ένα καθαριστικό για όλες τις χρήσεις, απορρυπαντικό πιάτων και σαμπουάν συμπακτώνονται σε στερεές μορφές, σκόνη, κάψουλα και υγρή κάψουλα, οι οποίες ενεργοποιούνται με το νερό. Ο καταναλωτής αγοράζει μία κενή συσκευασία μέσα στην οποία προσθέτει κάθε φορά το προϊόν μαζί με νερό και ανακινεί καλά. Η στερεή ουσία αρχίζει να διαλύεται και το τελικό προϊόν είναι έτοιμο προς χρήση. Άρα ο καταναλωτής δεν είναι αναγκασμένος να αγοράζει κάθε φορά μία συσκευασία, αλλά μόνο το κύριο προϊόν και να ξαναγεμίζει τη συσκευασία που ήδη έχει με αυτό. Οι συσκευασίες του προϊόντος είναι χάρτινες γεγονός που καθιστά εύκολη την ανακύκλωσή τους. Η συσκευασία TWENTY κέρδισε το βραβείο “KIDV Sustainable packaging”, τον Ιανουάριο του 2019 (Mirjam de Bruijn).



(a)



(b)

Εικόνα 25.α) Επαναχρησιμοποιούμενες συσκευασίες “Twenty”.
b) Επαναχρησιμοποιούμενη συσκευασία σαμπουάν “Twenty”.

Περίπτωση 2: Διαδικασία επαναχρησιμοποίησης φιαλών reWINE

Το σχέδιο reWINE προορίζεται για την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης φιαλών στον αμπελοοινικό τομέα της Καταλονίας, προκειμένου να μειωθεί η παραγωγή αποβλήτων, αερίων του θερμοκηπίου και να περιοριστεί το κόστος. Οι γυάλινες φιάλες συλλέγονται, καθαρίζονται και επαναχρησιμοποιούνται με επαναλαμβανόμενο τρόπο. Το έργο περιλαμβάνει οινοποιεία, καταναλωτές, μπαρ, εστιατόρια, εταιρείες διανομής, καταστήματα και χωματερές για να κάνει μια πιλοτική δοκιμή της επαναχρησιμοποίησης φιαλών κρασιού, από το πλύσιμο, την επισήμανση, την εμφιάλωση και τη διανομή στην αγορά έως τη συγκομιδή. Το σχέδιο reWINE έχει συνολικό προϋπολογισμό 991.309 €, εκ των οποίων το 60% προήλθε από την Ευρωπαϊκή Ένωση με διάρκεια από τον Σεπτέμβριο του 2016 έως τον Δεκέμβριο του 2020.



Εικόνα 26. Γυάλινη επαναχρησιμοποιούμενη φιάλη κρασιού

Περίπτωση 3: Επαναχρησιμοποιούμενη συσκευασία Repack για διαδικτυακά καταστήματα

Η επιχείρηση Repack παρέχει συσκευασίες σε διαδικτυακά καταστήματα, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να συσκευαστούν τα προϊόντα τους. Στη συνέχεια ο καταναλωτής αντί να απορρίψει την συσκευασία στα απορρίμματα, τη διπλώνει και την αποστέλλει πίσω στην εταιρεία Repack μέσω ταχυδρομείου. Στη συνέχεια, παραλαμβάνει τη συσκευασία την καθαρίζει, την επεξεργάζεται και η συσκευασία επαναχρησιμοποιείται για τον ίδιο σκοπό. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί 20 έως 30 φορές για κάθε ίδια συσκευασία. Η ιδέα προήλθε από την επαναχρησιμοποίηση άδειων φιαλών με επιστροφή του αντιτίμου, όπως εφαρμόζεται σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Η εταιρεία αποστέλλει ευχαριστήριο πίσω στον καταναλωτή για τον ρόλο του σε αυτό το κυκλικό σύστημα και μαζί με αυτό και ένα voucher, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε ηλεκτρονικό κατάστημα με το οποίο συνεργάζεται η Repack.



(a)



(b)

Εικόνα 27.α) Επιστροφή της συσκευασίας “Repack”.
b) Κυκλική ροή διαχείρισης της συσκευασίας “Repack”, μέσω της επαναχρησιμοποίησης.

Περίπτωση 4: Ένωση, Reusable Packaging Association (RPA)

Η επαναχρησιμοποιούμενη συσκευασία μεταφοράς αντικαθιστά παλέτες και κουτιά μιας περιορισμένης χρήσης με άλλα πιο ανθεκτικά, επαναχρησιμοποιήσιμα δοχεία ή κάδους σε συνδυασμό με επαναχρησιμοποιήσιμες παλέτες και συστήματα ενοικίασης παλετών/εμπορευματοκιβωτίων. Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος της παραπάνω ιδέας, αναφέρεται η περίπτωση επιχειρήσεων στην κομητεία Alameda, California, όπου ο χώρος υγειονομικής ταφής που απομένει για τα απορρίμματα είναι περιορισμένος και ακριβός. Σε αυτή την περίπτωση, οι αναλώσιμες ξύλινες παλέτες και τα κουτιά από χαρτόνι αποτελούν σημαντική ποσότητα απορριμμάτων, που παράγονται από τις επιχειρήσεις. Για το λόγο αυτό, ο συνεταιρισμός StopWaste που βοηθά τις τοπικές επιχειρήσεις να μειώσουν τα απόβλητα από τους τοπικούς χώρους υγειονομικής ταφής-συνεργάστηκε με την Ένωση Reusable Packaging Association (RPA) για να παρέχει στις επιχειρήσεις της Κομητείας Αλαμίντα τις πληροφορίες και τους πόρους που χρειάζονται για τη μετάβαση σε επαναχρησιμοποιήσιμες παλέτες και δοχεία.

Γενικά, τα οφέλη της επαναχρησιμοποιούμενης συσκευασίας μεταφοράς είναι:

- Μειωμένο κόστος διαχείρισης αποβλήτων
- Χαμηλότερο κόστος εργασίας
- Καλύτερη προστασία προϊόντων
- Λιγότερη ζημιά στο προϊόν
- Χαμηλότερο κόστος υλικών με την πάροδο του χρόνου
- Καλύτερη εργονομία για τους υπαλλήλους
- Βελτιωμένη ασφάλεια των εργαζομένων
- Μεγαλύτερη διαθεσιμότητα υγειονομικής ταφής χωρίς αυξημένο κόστος υγειονομικής ταφής
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της συσκευασίας
- Μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

Ωστόσο, για να μπορούν να επαναχρησιμοποιούνται οι συσκευασίες, πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες επενδύσεις. Δίνεται ένα παράδειγμα: ένα επαναχρησιμοποιήσιμο αθλητικό παπούρι είναι ένα ανθεκτικό προϊόν, που απαιτεί για την κατασκευή του πολλά και διαφορετικά υλικά. Διαθέτει ένα πώμα που μπορεί να βιδωθεί και μία φιάλη που μπορεί να καθαριστεί και να ξαναγεμιστεί. Όλα αυτά όμως αυξάνουν το κόστος σε σύγκριση με ένα απλό μπουκάλι PET μιας χρήσης και έτσι, εάν η συσκευασία πρέπει να επιστραφεί στον παραγωγό, επιβαρύνεται με ακόμα μεγαλύτερο κόστος. Μάλιστα εφόσον το συγκεκριμένο προϊόν πρέπει να είναι ανθεκτικό και να καθαρίζεται εύκολα, πρέπει να υπάρχει αποτελεσματική διαδικασία επιστροφής, ενώ το κόστος επιβαρύνεται με την επισκευή (καθαρισμός και συντήρηση) της συσκευασίας. Ωστόσο, οι χρηματοοικονομικές επενδύσεις και ο πρόσθετος περιβαλλοντικός αντίκτυπος που προκύπτει με την παραγωγή, την επιστροφή logistics και την επισκευή της συσκευασίας αντισταθμίζονται επειδή το κόστος και οι εκπομπές κατανέμονται σε πολλαπλούς κύκλους χρήσης της ίδιας συσκευασίας. Με αυτόν τον τρόπο, το συνολικό κόστος και οι εκπομπές μειώνονται με τη χρήση των επαναχρησιμοποιήσιμων συσκευασιών. Επιπλέον, η ανθεκτική επαναχρησιμοποιήσιμη συσκευασία πρόκειται να βελτιώσει την προστασία του προϊόντος και να περιορίσει τις φθορές του.

Repurpose (Επαναχρησιμοποίηση ως ένα νέο προϊόν)

Ο όρος αναφέρεται επίσης ως (επανασυσκευασία ή recontextualizing) και είναι η χρήση απορριφθέντων προϊόντων ή τμημάτων τους για το σχηματισμό ενός νέου προϊόντος με διαφορετική λειτουργία. Δηλώνει επίσης την επαναχρησιμοποίηση ενός προϊόντος για έναν εναλλακτικό σκοπό, που ονομάζεται επαναχρησιμοποίηση ανοικτού κύκλου (Willskytt et al., 2016). Στο Repurpose, τα αυθεντικά προϊόντα/ανταλλακτικά αποκτούν διαφορετικές ταυτότητες και λειτουργίες. Έτσι, το Repurpose διαφέρει από τις άλλες στρατηγικές. Σύμφωνα με τον Bas Flipsen, για παράδειγμα, ο καθαρισμός ενός κενού βάζου μαρμελάδας για χρήση ως γλάστρα ή κουμπαράς θεωρείται επανατοποθέτηση (re-purpose). Σε αυτήν την περίπτωση, το βάζο μαρμελάδας έχει βγει από το σύστημα στο οποίο θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιείται συνεχώς για τον ίδιο σκοπό ξανά και ξανά. Η επαναχρησιμοποίηση ενός στοιχείου συσκευασίας διατηρεί το μεγαλύτερο ποσοστό της ενσωματωμένης αξίας του σε σχέση με την ανακύκλωση, η οποία είναι γενικά μια πιο δαπανηρή και εντατική ενέργεια.

Renew (Ανανέωση υλικών)

Το 1920 δημιουργήθηκαν εργαστηριακά τα πρώτα βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή, τα οποία ωστόσο παρουσίαζαν υποβάθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων, του μοριακού βάρους και της μάζας τους, που αποτελούσε μειονέκτημα. Οι πρώτες εφαρμογές (1970) αναφέρονται στην ιατρική και συγκεκριμένα στον τομέα των εμφυτευμάτων και των βιοαπορροφήσιμων ραμμάτων και φαρμάκων. Η ικανότητά τους να βιοδιασπώνται από τον οργανισμό (in vivo) δημιούργησε νέες εφαρμογές με πλεονεκτήματα έναντι των ήδη γνωστών μεθόδων. Η πρώτη γενιά βιοαποικοδομήσιμων πλαστικών (1980) περιλάμβανε τη σύνθεση μιας ποσότητας φυσικού πολυμερούς (π.χ. άμυλο), σε ποσοστό 5-20%, σε συνδυασμό με κάποιο συνθετικό πλαστικό, πολυαιθυλένιο (PE) ή πολυπροπυλένιο (PP). Πρόσφατα παρασκευάστηκαν πολλά νέα είδη πολυμερών που βιοαποικοδομούνται.

Τα ανανεώσιμα υλικά που χρησιμοποιούνται σε συσκευασίες προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές, σε αντίθεση με τα υλικά που προέρχονται από ορυκτές πηγές, όπως είναι για παράδειγμα, οι συσκευασίες τροφίμων από πλαστικά που προέρχονται από το πετρέλαιο. Παραδείγματα ανανεώσιμων υλικών συσκευασίας αποτελούν το χαρτόνι και το βαμβάκι, από τα οποία μπορούν να αναγεννηθούν οι φυσικές πρώτες ύλες. Υπάρχουν επίσης πλαστικά κατασκευασμένα από ανανεώσιμα υλικά, όπως άμυλο αραβοσίτου ή φύκια, τα οποία προτιμώνται και αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο (TUDelftX, 2019).

Η χρήση ανανεώσιμων υλικών μπορεί να θεωρηθεί ως κυκλική στρατηγική επειδή τα βιολογικά θρεπτικά συστατικά ή τα υλικά μπορούν να κυκλωθούν μέσω συνεχών βρόχων στη βιόσφαιρα.

Βιολογικά υλικά (Biobased materials)

Ο όρος «biobased» σημαίνει ότι το υλικό ή το προϊόν προέρχεται μερικώς από βιομάζα, φυτικά υλικά (όπως ξύλο), ζωικά υλικά (όπως μαλλί), επεξεργασμένη βιομάζα (όπως χαρτί), ανθρωπογενή υλικά που προέρχονται από φυσικές πηγές (όπως PLA κατασκευασμένο από σάκχαρα).

Ανανεώσιμα υλικά (Renewable materials)

Η κατανάλωση πρώτης ύλης μπορεί να ονομαστεί ανανεώσιμη όταν συλλέγεται από πόρους που αναπληρώνονται φυσικά κατά τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου (Ellabban, 2014), σε αντίθεση με το ορυκτό πετρέλαιο που χρειάζεται εκατομμύρια χρόνια για να σχηματιστεί. Το «biobased» μπορεί να θεωρηθεί ανανεώσιμο εφόσον η νέα καλλιέργεια ισορροπεί με την συγκομιδή. Για παράδειγμα, η τύρφη δεν θεωρείται ανανεώσιμη λόγω του αργού ρυθμού αναγέννησης, και το τροπικό σκληρό ξύλο είναι ανανεώσιμο μόνο όταν διαχειρίζεται σωστά (UN, 1982). Κατά συνέπεια, το biobased δεν είναι εγγενώς ανανεώσιμο (van den Oever, 2017)

Βιοαποικοδόμηση – Βιοδιάσπαση πλαστικών

Βιοαποικοδόμηση ή βιοδιάσπαση ονομάζεται ο φυσικός τρόπος ανακύκλωσης των αποβλήτων της φύσης. Στην πραγματικότητα είναι η διάσπαση (αποσύνθεση) της οργανικής ύλης κυρίως μέσω βιοχημικών διεργασιών όπως ζυμώσεων από βακτήρια, μύκητες ή άλλους μικροοργανισμούς σε άλλες απλούστερες ενώσεις, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους οργανισμούς. Τελικά, με την αξιοποίηση αυτών των φυσικών δυνάμεων βιοαποικοδόμησης, ορισμένοι τύποι περιβαλλοντικών ρύπων μπορούν να μειωθούν ή και να εξαλειφθούν πλήρως και επικίνδυνες τοξικές ουσίες μετατρέπονται σε λιγότερο τοξικές ή μη τοξικές ουσίες. Με τη βιοαποικοδόμηση τα υλικά μετατρέπονται σε απλές φυσικές ουσίες, όπως νερό ή διοξείδιο του άνθρακα και γίνεται λιπασματοποίηση (χωρίς τεχνητά πρόσθετα). Η διαδικασία βιοαποικοδόμησης εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (όπως η τοποθεσία ή η θερμοκρασία), από το υλικό και από την εφαρμογή.

Υπάρχουν δύο περιπτώσεις βιοαποικοδόμησης, ανάλογα με τη φύση των μικροοργανισμών:

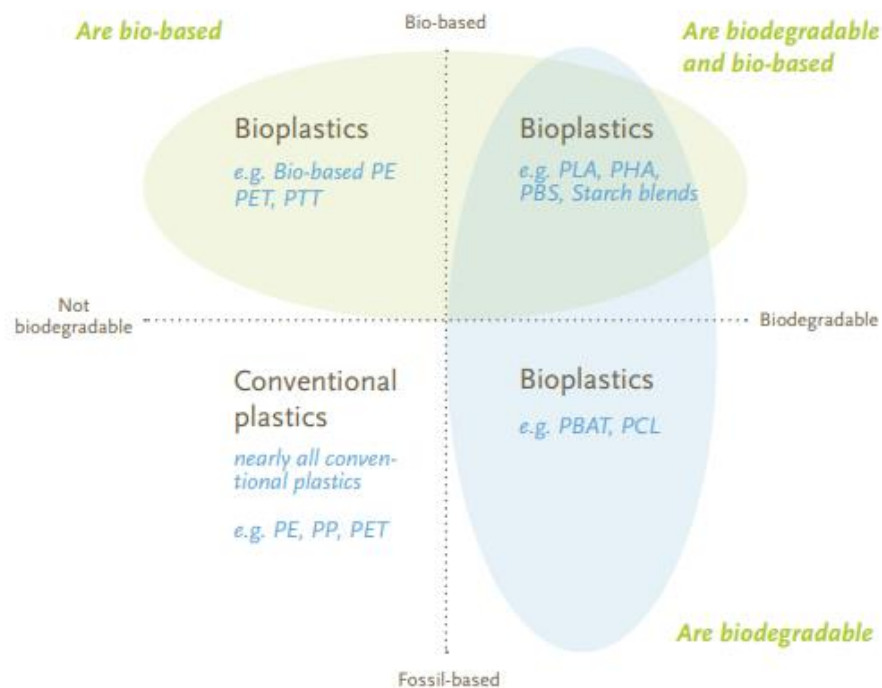
- Στην πρώτη περίπτωση οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν μόνο ένα μέρος του οργανικού μορίου. Η χημική δομή της ουσίας μεταβάλλεται σε μια διαδικασία που είναι γνωστή ως «πρωτογενής βιοαποικοδόμηση» (“primary biodegradation”).
- Στη δεύτερη περίπτωση οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν την ουσία ολόκληρη, διαδικασία γνωστή ως «απόλυτη βιοαποικοδόμηση» (“ultimate biodegradation”).

Όταν γίνεται αναφορά στην προέλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών (που προέρχονται από βιομάζα), χρειάζεται να μπορεί να γίνει η διάκριση τους με βάση τον τρόπο της αποσύνθεσης των υλικών στο τέλος της ζωής τους. Ωστόσο η ανάμιξη βιοαποικοδομήσιμων και μη βιοαποικοδομήσιμων πλαστικών πρέπει να αποφεύγεται γιατί δημιουργούνται προβλήματα στην διαδικασία βιοαποικοδόμησης. Επί του παρόντος, η έρευνα επικεντρώνεται στο να καταστούν τα βιοαποικοδομήσιμα υλικά πιο αποδοτικά από οικονομική άποψη.

Μια σημαντική πρόκληση κατά το σχεδιασμό μιας βιοαποικοδομήσιμης συσκευασίας είναι το θέμα της εξασφάλισης της ότι δεν θα βιοαποικοδομείται κατά τη διάρκεια της λειτουργικής της ζωής, μέσω της επαφής της με το προϊόν ή το περιβάλλον. Η βιοαποικοδομησιμότητα έχει νόημα ως στρατηγική στο τέλος του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Εάν επομένως, τα απορρίμματα μιας συσκευασίας είναι αδύνατο να ανακτηθούν για ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση, μπορεί να είναι καλύτερα να είναι βιοαποικοδομήσιμα (Christiaan Bolck).

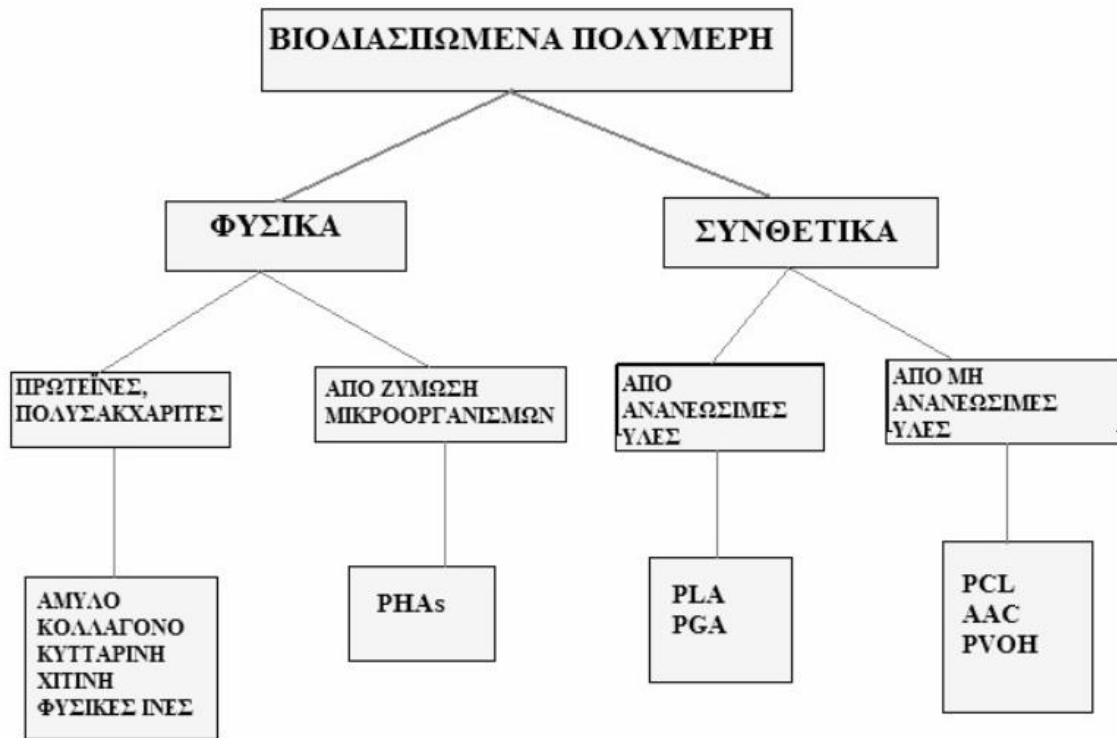
Βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά

Βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά ορίζονται ως εκείνα τα πλαστικά που η διάσπασή τους προκύπτει φυσικά στη βιόσφαιρα από την ενζυματική επίδραση ζωντανών οργανισμών, δηλαδή μικροοργανισμών, μυκήτων και άλγης. Τα βιοπλαστικά μπορεί να είναι βιολογικά ή βιοαποικοδομήσιμα ή να διαθέτουν και τις δύο ιδιότητες. Τα βιολογικά πλαστικά μπορεί να είναι μη βιοαποικοδομήσιμα και αντίστοιχα άλλα πλαστικά με βάση τα ορυκτά μπορεί να είναι βιοαποικοδομήσιμα. Τα βιοδιασπώμενα πλαστικά σήμερα χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της συσκευασίας και σε διάφορα είδη όπως δοχεία, τσάντες και φιάλες.



Εικόνα 28. Τα βιοπλαστικά στο σύστημα συντεταγμένων.

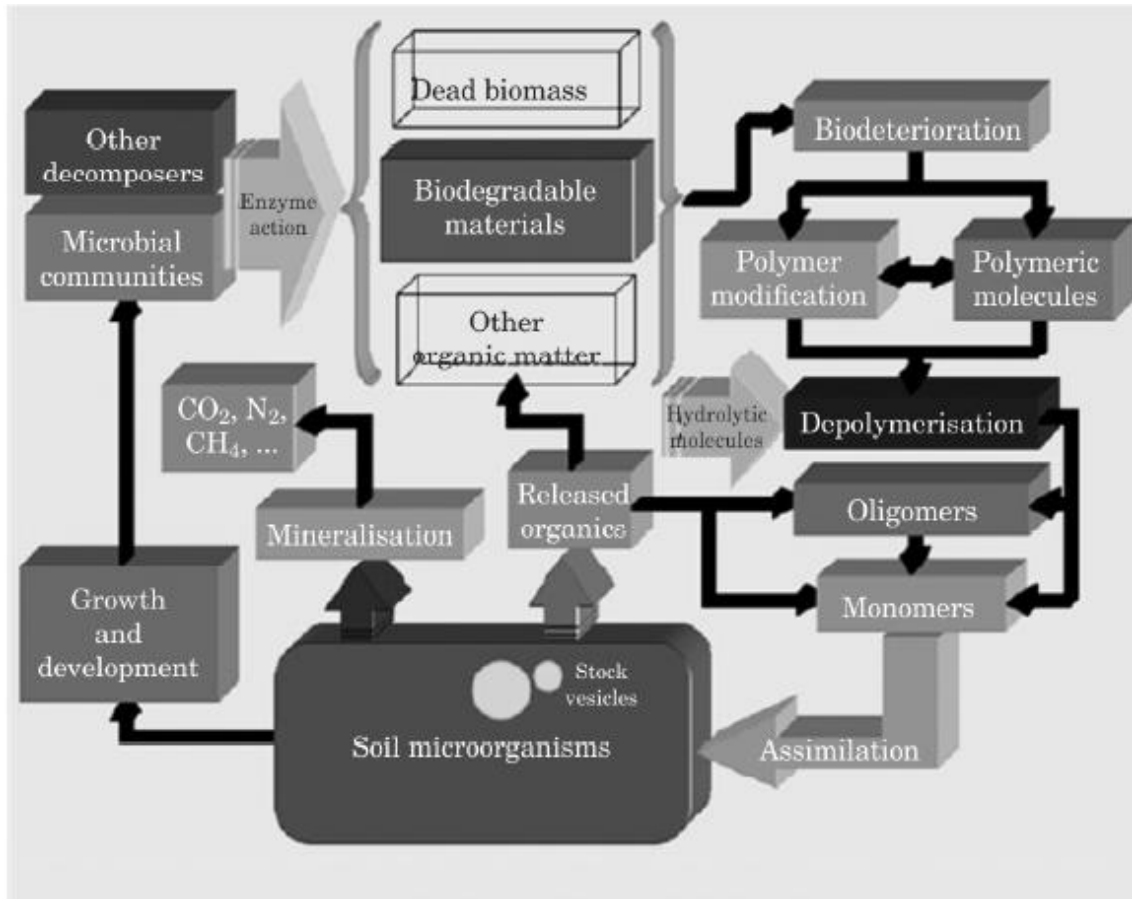
Η βιοδιάσπαση των πλαστικών δεν εξαρτάται μόνο από την πρώτη ύλη παραγωγής τους, αλλά από τη χημική δομή τους και την σύνθεσή τους. Τα βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά είναι δυνατόν να προέρχονται από φυσικά ή από συνθετικά πολυμερή.



Εικόνα 29. Ταξινόμηση βιοδιασπώμενων πολυμερών

Ένας επίσης τρόπος κατάταξης των βιοδιασπώμενων πολυμερών βασίζεται στην προέλευσή τους, ως εξής:

- φυτικής προέλευσης (αμυλούχα)
- ζωικής προέλευσης (κολλαγόνο)
- θαλάσσιας προέλευσης (χιτίνη)
- μικροβιακής προέλευσης ((PLA (Polylactic acid), (PHAs (Polyhydroxyalkanoates))
- πετροχημικής προέλευσης (PCL (Polycaprolactone), PVOH (Polyvinyl alcohol), (AAC (aliphatic/aromatic co-polyesters))



Εικόνα 30. Σύνοψη διαφόρων σταδίων βιοαποικοδόμησης πολυμερών υλικών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο βιοδιασπώμενα πλαστικά ευρείας χρήσεως:

PLA (Polylactic acid):

Το (πολυ-γαλακτικό οξύ), (polylactic acid) (PLA) είναι ένα βιοϋλικό με σημαντικές ιδιότητες και χρησιμοποιείται για την κατασκευή διαφόρων συσκευασιών, όπως πλαστικές μεμβράνες. Το PLA θεωρείται οικονομικά περισσότερο αποδεκτό σε σχέση με άλλα βιοϋλικά.

Παρασκευάζεται συνήθως από τα σάκχαρα αμύλου αραβοσίτου, μανιόκα (κασάβα) ή σακχαροκάλαμο. Είναι βιοαποικοδομήσιμο και βρώσιμο. Το PLA επειδή έχει παρόμοιες ιδιότητες μπορεί να αντικαταστήσει το πολυαιθυλένιο.

Για να μετατραπεί το καλαμπόκι σε πλαστικό, οι πυρήνες του καλαμποκιού βυθίζονται σε διοξείδιο του θείου και ζεστό νερό, όπου τα συστατικά του διασπώνται σε άμυλο, πρωτεΐνες και ίνες. Οι πυρήνες στη συνέχεια αλέθονται και το αραβοσιτέλαιο διαχωρίζεται από το άμυλο. Το άμυλο αποτελείται από μεγάλες αλυσίδες μορίων άνθρακα, παρόμοιες με τις αλυσίδες άνθρακα σε πλαστικό από ορυκτά καύσιμα. Μερικά κίτρικα οξέα αναμιγνύονται για να σχηματίσουν ένα πολυμερές μακράς αλυσίδας που είναι το δομικό στοιχείο του πλαστικού. Το PLA μπορεί να μοιάζει και να συμπεριφέρεται όπως το πολυαιθυλένιο (χρησιμοποιείται σε πλαστικές μεμβράνες, συσκευασίες και φιάλες), το πολυστυρόλιο (Styrofoam και πλαστικά μαχαιροπήρουνα) ή το πολυπροπυλένιο (συσκευασία, ανταλλακτικά αυτοκινήτων, υφάσματα).

Ωστόσο μειονεκτεί λόγω του αργού ρυθμού βιοαποικοδομησιμότητας και δεν υποστηρίζεται η ανάμιξη με άλλα πλαστικά στην ανακύκλωση.

PHAs (Polyhydroxyalkanoates):

Το PHAs (Polyhydroxyalkanoates-πολυυδροξυαλκανοϊκοί πολυεστέρες) παράγεται από μικροοργανισμούς, κυρίως βακτήρια, μερικές φορές γενετικά κατασκευασμένους, που παράγουν πλαστικό από οργανικά υλικά. Ανήκουν στην οικογένεια γραμμικών αλειφατικών πολυεστέρων που προέρχεται από μικροοργανισμούς με πρώτες ύλες το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό.

Αρχικά, ο Γάλλος μικροβιολόγος Maurice Lemoigne (1926) ανακάλυψε το πολύ-υδροξυβουτυρικό ή PHB, ένα κοινό μέλος της οικογένειας των PHAs. Τα PHAs περιλαμβάνουν περισσότερους από εκατό διαφορετικούς τύπους πολυμερών που μπορούν να παραχθούν από ένα μεγάλο αριθμό μονομερών και οι ιδιότητές τους ποικίλουν από άκαμπτα κρυσταλλικά υλικά, όπως το PHB, μέχρι μαλακά θερμοπλαστικά με χαμηλά σημεία τήξης. Χρησιμοποιούνται συχνά στη συσκευασία τροφίμων μιας χρήσης.

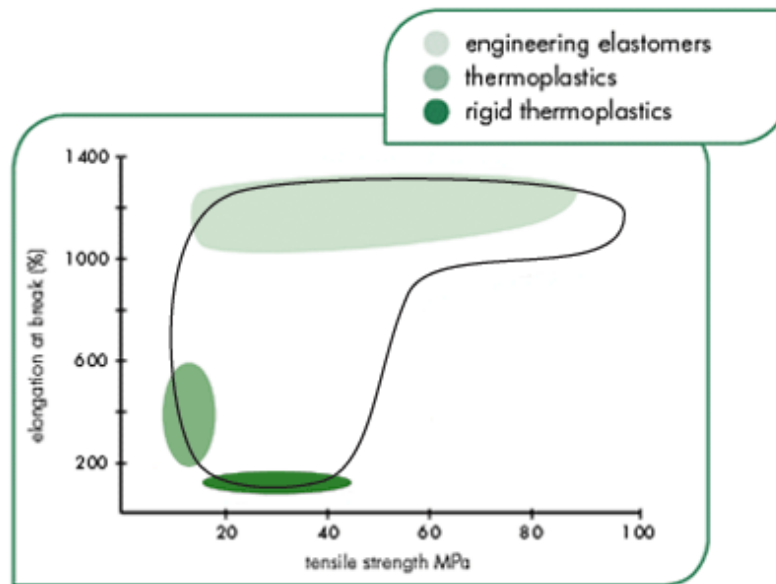
Σήμερα, με τη βοήθεια της βιοτεχνολογίας, τα βιοδιασπώμενα πολυμερή παράγονται με φυσικές διαδικασίες, και συγκεκριμένα μέσω βακτηριακών ζυμώσεων και με την παραγωγή τους απευθείας στα κύτταρα των φυτών. Στην πρώτη περίπτωση, βακτήρια συνθέτουν και συγκεντρώνουν PHAs στα κύτταρά τους ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας. Το πολυμερές συγκεντρώνεται στα κύτταρα των μικροβίων κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους σε μορφή σφαιριδίων, που μετά από ειδική επεξεργασία αφαιρείται και μετατρέπεται σε πλαστικό. Στη δεύτερη περίπτωση, έρευνες έχουν γίνει για την παραγωγή των PHAs απευθείας σε γενετικά τροποποιημένα φυτά για να μειωθεί το κόστος παραγωγής.

Ιδιότητες των PHAs:

Τα PHAs καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα μηχανικών ιδιοτήτων. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη σχέση της αντοχής στον εφελκυσμό με την επιμήκυνση κατά τη θραύση των διαφόρων ειδών PHA συγκρινόμενα με τα κοινά πλαστικά, σύμφωνα με μετρήσεις της ASTM D 638-01.



(a)



(b)

Εικόνα 31. a) Παραγωγή PHAs στα κύτταρα βακτηρίων
b) Σύγκριση μηχανικών ιδιοτήτων PHA με άλλων πολυμερών

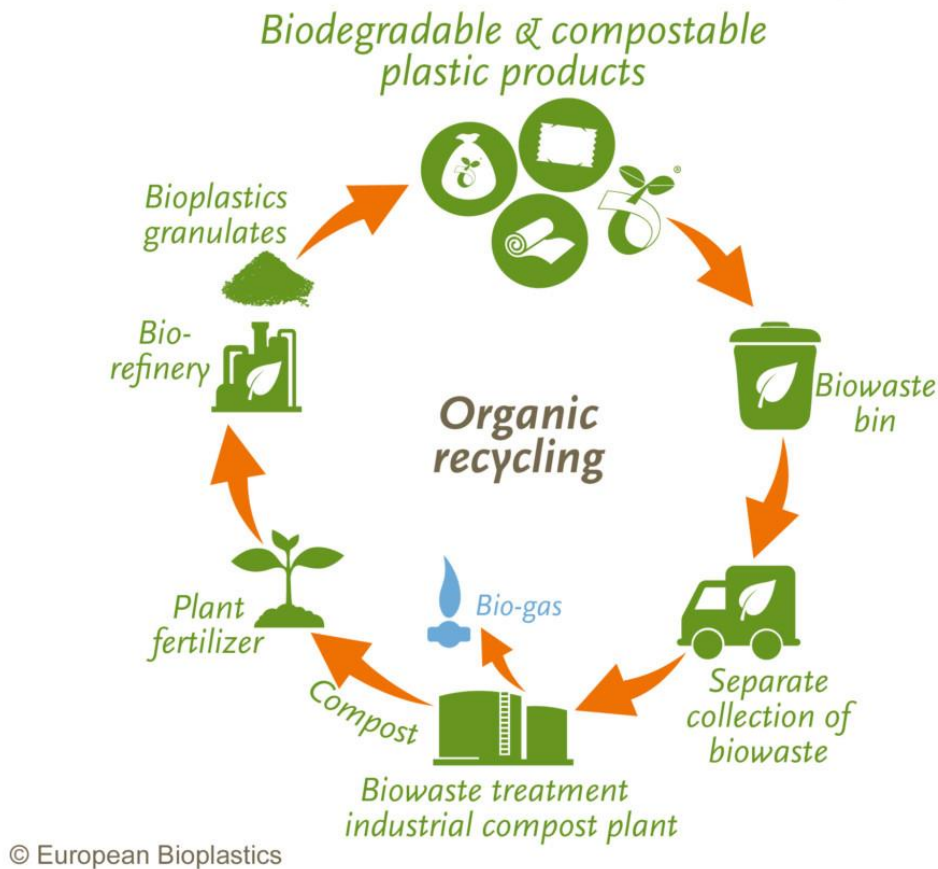
Κομποστοποίηση

Η διαδικασία βιοαποικοδόμησης υπό αερόβιες συνθήκες εντός χρονικού διαστήματος 6-12 εβδομάδων ονομάζεται κομποστοποίηση. Η κομποστοποίηση βιομηχανικών προϊόντων πραγματοποιείται συνήθως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις κομποστοποίησης, όπου παρέχονται ελεγχόμενες συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός). Τα μικρόβια, όπως τα βακτήρια ή οι μύκητες και τα ένζυμα τους, είναι σε θέση να «διασπάσουν» την αλυσίδα της δομής των λιπασματοποιήσιμων πολυμερών. Η ταχύτητα της βιοαποικοδόμησης εξαρτάται από τη θερμοκρασία (η περιοχή 50-70°C είναι τυπική για μια βιομηχανική διαδικασία κομποστοποίησης, (PLA-68 °C)), την υγρασία (απαιτείται νερό για τη διαδικασία) και τον αριθμό και τους τύπους μικροβίων. Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις κομποστοποίησης, παρέχονται όλες αυτές οι απαιτήσεις και τα πιστοποιημένα λιπασματοποιημένα πλαστικά προϊόντα μετατρέπονται στα τελικά προϊόντα που είναι νερό, διοξείδιο του άνθρακα και βιομάζα, εντός 6 έως 12 εβδομάδων. Τα οργανικά οικιακά απορρίμματα συλλέγονται ξεχωριστά από τα υπολείμματα απορριμμάτων, σε βιολογικούς κάδους και υποβάλλονται σε επεξεργασία σε εγκαταστάσεις λιπασματοποίησης για παραγωγή ποιοτικού λιπάσματος, όπως θα εξηγηθεί παρακάτω.

Η κομποστοποίηση ή λιπασματοποίηση είναι ωφέλιμη όταν τα πλαστικά είδη αναμιγνύονται με βιολογικά απόβλητα και εφόσον η μηχανική ανακύκλωση δεν είναι εφικτή, για τα πλαστικά ή τα βιολογικά απόβλητα. Η χρήση λιπασματοποιήσιμων πλαστικών καθιστά τα μικτά απόβλητα κατάλληλα για οργανική ανακύκλωση (κομποστοποίηση), επιτρέποντας τη μετάβαση από την ανάκτηση στην ανακύκλωση (μια επιλογή επεξεργασίας που κατατάσσεται υψηλότερα στην ευρωπαϊκή ιεραρχία αποβλήτων). Με αυτόν τον τρόπο, τα βιολογικά απόβλητα εκτρέπονται από άλλα ρεύματα ανακύκλωσης ή από χώρους υγειονομικής ταφής, διευκολύνοντας τη χωριστή συλλογή-με αποτέλεσμα τη δημιουργία πιο πολύτιμων λιπασμάτων. Το λιπασματοποιήσιμο πλαστικό θα βιοαποικοδομηθεί σε κατάλληλο χώρο λιπασματοποίησης. Οι μικροοργανισμοί

διασπών και βιοαποικοδομούν τα πλαστικά σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό, ανόργανες ενώσεις και βιομάζα με τον ίδιο ρυθμό με άλλα οργανικά υλικά στο σωρό λιπασματοποίησης, χωρίς να αφήνουν τοξικά υπολείμματα (European Bioplastics).

End-of-life options for **BIOPLASTICS** – Closing the loop –



Εικόνα 32. Ο κλειστός κύκλος ζωής των βιοπλαστικών

Προϋποθέσεις κομποστοποίησης:

Προκειμένου να είναι κατάλληλα για βιολογική ανακύκλωση, τα προϊόντα και τα υλικά πρέπει να πληρούν τα αυστηρά κριτήρια του ευρωπαϊκού κανόνα EN 13432/14995 σχετικά με τη βιομηχανική λιπασματοποίηση. Μετά την επιτυχή πιστοποίηση, αυτά τα προϊόντα και τα υλικά επιτρέπεται να διαφημίζονται και να επισημαίνονται ως «λιπασματοποιήσιμα». Η ετικέτα “Seedling” είναι ένα πολύ γνωστό σήμα για τα προϊόντα που συμμορφώνονται με το πρότυπο EN 13432. Η διαδικασία πιστοποίησης προσφέρεται από το βελγικό πιστοποιητικό TÜV Austria Belgium και το γερμανικό πιστοποιητικό DIN CERTCO (European Bioplastics).



compostable

(a)



(b)



(c)

Εικόνα 33. α) Ετικέτα κομποστοποιήσιμου προϊόντος “Seedling”

β) Σύμβολα Πιστοποιητικών *DIN CERTCO* και *c) TÜV Austria Belgium*

Οικιακή κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση στο σπίτι-εάν γίνει με βάση τις σωστές προδιαγραφές-μπορεί να έχει μεγάλα οφέλη σε σύγκριση με την υγειονομική ταφή και την αποτέφρωση οργανικών αποβλήτων: λόγω του χαμηλότερου όγκου απορριμμάτων που συλλέγονται από τα νοικοκυριά, μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένα τέλη διαχείρισης αποβλήτων και παράγει κομπόστ για ιδιωτική χρήση κηπουρικής. Ωστόσο, όπως και στην υγειονομική ταφή, η λιπασματοποίηση στο σπίτι ενδέχεται να προκαλέσει τον κίνδυνο παραγωγής αερίων θερμοκηπίου. Επιπλέον, ορισμένοι τύποι οικιακών απορριμμάτων με ιδιαίτερα υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο, όπως το κρέας και τα ψάρια, δεν είναι κατάλληλοι για λιπασματοποίηση στο σπίτι. Ενώ η οικιακή λιπασματοποίηση, ειδικά για απορρίμματα κήπου, μπορεί να συμπληρώσει τη βιομηχανική κομποστοποίηση, δεν μπορεί να την αντικαταστήσει.

Πλεονεκτήματα/Οφέλη βιοπλαστικών:

1. Εξοικονόμηση πόρων ορυκτών καυσίμων μέσω της αρχής “*cascading*”*, καθώς η βιομάζα μπορεί πρώτα να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή υλικών και στη συνέχεια για την παραγωγή ενέργειας.
2. Μικρότερο αποτύπωμα άνθρακα και εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG emissions).
3. Ταχύτερη αποσύνθεση.
4. Λιγότερο τοξικά, απουσία *διφαινόλης Α (BPA)***, που διαπιστώνεται συχνά στα παραδοσιακά πλαστικά.

**Cascading (Υπερχείλιση):*

Η διαδικασία Cascading μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα των πόρων χρησιμοποιώντας βιομάζα σε προϊόντα που δημιουργούν περισσότερη οικονομική αξία σε πολλές ζωές. Αυτή η προσέγγιση στην παραγωγή και την κατανάλωση δηλώνει ότι η ανάκτηση ενέργειας πρέπει να είναι η τελευταία επιλογή και μόνο μετά την εξάντληση όλων των προϊόντων και υπηρεσιών υψηλότερης αξίας. (wbcsd)

***Η δισφαινόλη Α (BPA):*

Είναι μια χημική ένωση που χρησιμοποιείται για την παρασκευή πολυανθρακικών πολυμερών, ενός είδους άκαμπτου και διαφανούς πλαστικού, που χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, σε δοχεία για την αποθήκευση τροφίμων. Η δισφαινόλη Α χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των κατασκευαστών πλαστικών μπιμπερό. Η μελέτη «Toxic Baby Bottles», η οποία δημοσιεύθηκε το 2007 από το κέντρο ερευνών και πολιτικής της Καλιφόρνιας, καταδεικνύει ότι ακόμη και μικρά ποσά δισφαινόλης Α μπορούν να προκαλέσουν ορισμένες ασθένειες, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του μαστού, της παχυσαρκίας, του διευρυμένου προστάτη, του διαβήτη, της υπερκινητικότητας, των διαταραχών του ανοσοποιητικού συστήματος, της στειρότητας και της πρόωρης εφηβείας. (ευρωπαϊκό κοινοβούλιο)

Τα βιοπλαστικά παράγουν σημαντικά λιγότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τα παραδοσιακά πλαστικά κατά τη διάρκεια ζωής τους. Δεν υπάρχει καθαρή αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα όταν διασπώνται, επειδή τα φυτά από τα οποία κατασκευάζονται τα βιοπλαστικά απορροφούν την ίδια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα όσο αναπτύσσονταν. Μια μελέτη του 2017 διαπίστωσε ότι η αλλαγή από το παραδοσιακό πλαστικό σε PLA με βάση το καλαμπόκι θα μείωνε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στις ΗΠΑ κατά 25%. Η μελέτη κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι εάν παράγονται παραδοσιακά πλαστικά χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου θα μπορούσαν να μειωθούν από 50 έως 75%. Ωστόσο, τα βιοπλαστικά που θα μπορούσαν στο μέλλον να παράγονται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έδειξαν περισσότερες υποσχέσεις για ουσιαστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Μειονεκτήματα των βιοπλαστικών:

Ωστόσο, αποδεικνύεται ότι τα βιοπλαστικά δεν είναι η ολιστική αντιμετώπιση στο πρόβλημα του πλαστικού. Ενώ τα βιοπλαστικά θεωρούνται γενικά πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά πλαστικά, μια μελέτη του 2010 από το Πανεπιστήμιο του Πίτσμπουργκ διαπίστωσε ότι αυτό δεν ήταν απαραίτητα αληθινό όταν ελήφθησαν υπόψη οι κύκλοι ζωής των υλικών.

Η μελέτη συνέκρινε επτά παραδοσιακά πλαστικά, τέσσερα βιοπλαστικά και ένα από ορυκτά καύσιμα και ανανεώσιμες πηγές. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η παραγωγή βιοπλαστικών είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες ποσότητες ρύπων, λόγω των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες και της χημικής επεξεργασίας που απαιτείται για τη μετατροπή του οργανικού υλικού σε πλαστικό. Τα βιοπλαστικά συνέβαλαν επίσης περισσότερο στην εξάντληση του όζοντος από τα παραδοσιακά πλαστικά και απαιτούσαν εκτεταμένη χρήση γης.

Το B-PET, το υβριδικό πλαστικό, βρέθηκε να έχει τις υψηλότερες πιθανότητες τοξικών επιπτώσεων στα οικοσυστήματα και να είναι περισσότερο καρκινογόνο και σημείωσε τα χειρότερα επίπεδα στην ανάλυση του κύκλου ζωής επειδή συνδύαζε τις αρνητικές επιπτώσεις τόσο της γεωργίας όσο και της χημικής επεξεργασίας.

Άλλα προβλήματα:

Ενώ η βιοαποικοδομησιμότητα των βιοπλαστικών είναι ένα πλεονέκτημα, οι περισσότεροι χρειάζονται βιομηχανικές εγκαταστάσεις λιπασματοποίησης υψηλής θερμοκρασίας για να διασπαστούν και πολύ λίγες πόλεις διαθέτουν την απαραίτητη υποδομή για την αντιμετώπισή τους. Ως αποτέλεσμα, τα βιοπλαστικά καταλήγουν συχνά σε χώρους υγειονομικής ταφής όπου, χωρίς οξυγόνο, ενδέχεται να απελευθερώσουν μεθάνιο, που αποτελεί ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου 23 φορές πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα.

Όταν τα βιοπλαστικά δεν απορρίπτονται σωστά, μπορούν να μολύνουν παρτίδες ανακυκλωμένου πλαστικού και να βλάψουν την υποδομή ανακύκλωσης. Εάν το βιοπλαστικό μολύνει ανακυκλωμένο PET (τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο, το πιο κοινό πλαστικό, που χρησιμοποιείται για μπουκάλια νερού και σόδας), για παράδειγμα, ολόκληρη η παρτίδα θα μπορούσε να απορριφθεί και να καταλήξει σε χώρο υγειονομικής ταφής. Επομένως, είναι απαραίτητες χωριστές ροές ανακύκλωσης για να μπορέσουμε να απορρίψουμε σωστά τα βιοπλαστικά.

Η γη που απαιτείται για τα βιοπλαστικά ανταγωνίζεται την παραγωγή τροφίμων, επειδή οι καλλιέργειες που αποσκοπούν στην παραγωγή βιοπλαστικών μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη διατροφή των ανθρώπων.

Ο Συνασπισμός Πλαστικής Ρύπανσης προβλέπει ότι για την κάλυψη της αυξανόμενης παγκόσμιας ζήτησης για βιοπλαστικά, περισσότερα από 3,4 εκατομμύρια στρέμματα γης-μια περιοχή μεγαλύτερη από το Βέλγιο, τις Κάτω Χώρες και τη Δανία-θα χρειαζόταν για αυτές τις καλλιέργειες έως το 2019. Επιπλέον, το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των γεωργικών μηχανημάτων παράγει εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

Τα βιοπλαστικά είναι επίσης σχετικά ακριβά. Το PLA μπορεί να είναι 20 έως 50% πιο ακριβό από τα συγκρίσιμα υλικά, λόγω της πολύπλοκης διαδικασίας που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή καλαμποκιού ή σακχαροκάλαμου σε δομικά στοιχεία για το PLA. Ωστόσο, οι τιμές μειώνονται καθώς οι ερευνητές και οι εταιρείες αναπτύσσουν πιο αποτελεσματικές και φιλικές προς το περιβάλλον στρατηγικές για την παραγωγή βιοπλαστικών.

Από τα λύματα στα βιοπλαστικά/μελέτη:

Οι μαθητές των Kartik Chandran και Columbia αναπτύσσουν συστήματα για την παραγωγή βιοαποικοδομήσιμου βιοπλαστικού από λύματα και στερεά απόβλητα. Ο Chandran χρησιμοποιεί μια μικτή κοινότητα μικροβίων που τρέφεται με άνθρακα με τη μορφή πτητικών λιπαρών οξέων, όπως το οξικό οξύ που βρίσκεται στο ξίδι.

Το σύστημά του λειτουργεί τροφοδοτώντας τα λύματα σε βιοαντιδραστήρα. Στο εσωτερικό, οι μικροοργανισμοί (διαφορετικοί από τα βακτήρια που παράγουν πλαστικά) μετατρέπουν τον οργανικό άνθρακα των αποβλήτων σε πτητικά λιπαρά οξέα. Η εκροή στη συνέχεια αποστέλλεται σε έναν δεύτερο βιοαντιδραστήρα όπου τα μικρόβια που παράγουν πλαστικά τρέφονται με τα πτητικά λιπαρά οξέα. Αυτά τα μικρόβια υπόκεινται συνεχώς σε φάσεις "γιορτής" ακολουθούμενες από φάσεις λιμού, κατά τις οποίες αποθηκεύουν τα μόρια άνθρακα ως PHA.

Ο Chandran πειραματίζεται με πιο συγκεντρωμένες ροές αποβλήτων, όπως απόβλητα τροφίμων και στερεά ανθρώπινα απόβλητα, για να παράγει τα πτητικά λιπαρά οξέα πιο αποτελεσματικά. Το επίκεντρο της έρευνάς του είναι να μεγιστοποιήσει την παραγωγή PHA και να ενσωματώσει τα απόβλητα στη διαδικασία. «Θέλουμε να συμπίεσουμε όσο μπορούμε και τα δύο συστήματα», δήλωσε ο Chandran. Πιστεύει ότι το ολοκληρωμένο σύστημά του θα ήταν πιο οικονομικό από τις

μεθόδους που εφαρμόζονται σήμερα για την παραγωγή βιοπλαστικών που περιλαμβάνουν αγορά σακχάρων για την παραγωγή PHA. "Εάν ενσωματώσετε την επεξεργασία λυμάτων ή αντιμετωπίζετε προκλήσεις για τα απόβλητα τροφίμων με βιοπλαστική παραγωγή, τότε αυτό είναι αρκετά ευνοϊκό (οικονομικά)", δήλωσε ο Chandran. "Επειδή εάν επρόκειτο να αναβαθμίσουμε και να πάμε σε εμπορικό τρόπο, θα πληρωνόμασταν για να πάρουμε τα απόβλητα τροφίμων και στη συνέχεια θα πληρώναμε και για την παραγωγή βιοπλαστικών." Ο Chandran ελπίζει να κλείσει το βρόχο έτσι ώστε, μια μέρα, τα απόβλητα να χρησιμεύουν συνήθως ως πόρος που μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμα προϊόντα όπως το βιοπλαστικό.

Όπως προαναφέρθηκε τα πλαστικά απορρίμματα προκαλούν πολύ σοβαρά προβλήματα στην θαλάσσια ζωή. Τα βιοδιασπώμενα υλικά δεν πρέπει να θεωρούνται ως λύση στο πρόβλημα, με την έννοια του να προωθούνται σκόπιμα προς το υδάτινο περιβάλλον ή και στην ξηρά. Είναι αναγκαία και πάλι η σωστή συλλογή τους σε λιπασματοποιημένους σάκους βιολογικών προϊόντων, μειώνοντας την ποσότητα εκείνων που καταλήγουν σε άλλα μέρη πέρα από εκείνα που ορίζει ο νόμος και με την ύστερη σωστή διαχείριση τους. Η σωστή εκπαίδευση και ενημέρωση επιχειρήσεων και καταναλωτών είναι βασικό βήμα για μακροπρόθεσμα θετικά αποτελέσματα, τα οποία αποσκοπούν στη βιωσιμότητα.

Περιπτώσεις ανανεώσιμων υλικών συσκευασίας

Περίπτωση 1: Αφρώδες βιοδιασπώμενο υλικό συσκευασίας για την ασφαλή μεταφορά εύθραυστων προϊόντων (Biodegradable Packing Peanuts)

Τα foam peanuts πολυστυρενίου χρησιμοποιούνται ως πληρωτικό των κενών μιας συσκευασίας και παρέχουν προστασία κατά τη μεταφορά ενός προϊόντος χωρίς να προσθέτουν βάρος. Είναι επίσης πολύ εύκαμπτα και μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν για συσκευασίες κάθε μεγέθους.

Το 2017 παράχθηκαν 140 εκατ. τόνοι πλαστικού παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένου του πολυστυρενίου, γνωστού κυρίως για τη μορφή του ως Styrofoam αλλά και για την παραγωγή ορισμένων σκληρών πλαστικών προϊόντων, που αναφέρονται ως φελιζόλ. Τα πλαστικά αυτά χρησιμοποιούνται για λίγο χρόνο από τον καταναλωτή και μετά τα περισσότερα κομμάτια τους καταλήγουν στην υγειονομική ταφή αλλά και στο περιβάλλον. Επιπλέον δεν βιοδιασπώνται και μπορεί να χρειαστούν εκατοντάδες χρόνια για να αρχίσει η διάσπαση τους σε κάποιο χώρο υγειονομικής ταφής. Τα foam peanuts μπορούν να ανακυκλωθούν/επαναχρησιμοποιηθούν, αλλά τα περισσότερα δεν απορρίπτονται σωστά ή απλά απορρίπτονται μαζί με τα υπόλοιπα οικιακά απορρίμματα. Είναι δύσκολο να καθαριστούν από τυχόν υπολείμματα ώστε να καταφέρουν να ανακυκλωθούν. Τα foam peanuts καταλήγουν συχνά σε ωκεανούς, λίμνες και υδάτινες οδούς, όπου θαλάσσια ζώα, όπως θαλασσοπούλια, ψάρια, θαλάσσιες χελώνες και θαλάσσια θηλαστικά συνήθως τα θεωρούν επιπλέοντα κομμάτια τροφής και όταν τα καταναλώνουν, βάζουν σε κίνδυνο το πεπτικό τους σύστημα και προκαλούν πολλά επιπλέον προβλήματα υγείας.



Εικόνα 34. Απορρίμματα Styrofoam σε θαλάσσια ακτή.

Βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts”:

Παρά το ότι επιβαρύνουν το περιβάλλον, τα foam peanuts αποτελούν στην πραγματικότητα μια πολύ καλή λύση για τις συσκευασίες και είναι αποτελεσματικά για την προστασία ευαίσθητων και εύθραυστων αντικειμένων, όπως ηλεκτρονικά είδη, διακοσμητικά και γυάλινα σκεύη κατά τη μεταφορά τους.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, δημιουργήθηκαν τα βιοδιασπώμενα “foam peanuts” με βάση το άμυλο ως μια πιο φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση. Το άμυλο για τα βιοδιασπώμενα “foam peanuts” προέρχεται από φυτικές πηγές και όχι από πολυστυρόλιο (PS) που έχει ως βάση το πετρέλαιο και επίσης είναι μη τοξικό. Ένα από τα πρώτα είδη βιοαποικοδομήσιμων “foam peanuts”, το Biofoam, παρασκευάζεται από σιτηρά ή από άμυλο αραβοσίτου. Τα βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts” δεν έχουν ηλεκτροστατικό φορτίο, πλεονεκτούν έναντι του πολυστυρενίου, καθώς δεν κολλάνε στα ρούχα. Δεδομένου ότι είναι βιοδιασπώμενα και μη τοξικά, είναι επίσης ασφαλή για τον άνθρωπο και τα ζώα, εάν τύχει να καταναλωθούν κατά λάθος. Ωστόσο, επειδή δεν παράγονται σε συνθήκες ασφαλούς διατροφής δεν συνιστώνται για κατανάλωση. Κατά τη διαδικασία παραγωγής τους, δεν σημειώνεται η διατροφική τους αξία και αφαιρούνται τα εδάσματα συστατικά τους, όπως για παράδειγμα τα σάκχαρα, τα οποία διαφορετικά θα προσέλκυαν τα τρωκτικά και τα έντομα. Ακόμη, τα βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts” μπορούν να διαλυθούν στο νερό, γεγονός που τα καθιστά ακίνδυνα για τους ωκεανούς, τις λίμνες, τα ποτάμια και τις υδάτινες οδούς. Όπως και άλλες φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις (π.χ. επαναχρησιμοποιήσιμες σακούλες, λιπασματοποιήσιμα πλαστικά, καλαμάκια κ.λπ.), τα βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts” προσφέρουν ουσιαστικά την ίδια λειτουργία με τα συμβατικά αφρώδη. Μπορούν επίσης να κατασκευαστούν με τη χρήση λιγότερων πόρων και να παράγουν λιγότερες εκπομπές καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής τους.



(a)



(b)

Εικόνα 35. Βιοδιασπώμενα “foam peanuts” με χαρακτηριστικό αναγνωριστικό πράσινο χρώμα (a) και foam peanuts με βάση το πετρέλαιο (b) ως πληρωτικά συσκευασίας

Συγκρινόμενα με το πολυστυρένιο εμφανίζουν ορισμένα μειονεκτήματα, όπως η μικρότερη ανθεκτικότητα, το μεγαλύτερο βάρος (6,5 έως 13 g ανά λίτρο / 0,4 έως 0,8 lb ανά κυβικό πόδι), η δημιουργία σκόνης, η πιθανή έλξη τρωκτικών και η υψηλότερη τιμή παραγωγής. Πολλοί καταναλωτές και προμηθευτές επιλέγουν συχνά το μικρότερο κόστος των foam peanuts αντί για τις πράσινες αλλά ακριβότερες εναλλακτικές λύσεις.

Τα βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts” κατασκευάζονται από τουλάχιστον 70% ανακυκλωμένα υλικά. Όπως αναφέρθηκε, τα βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts” είναι διαλυτά στο νερό ενώ τα foam peanuts είναι διαλυτά σε ακετόνη, χωρίς να ισχύει και το αντίστροφο. Τα προϊόντα με βάση το άμυλο μπορούν να απορριφθούν στην αποχέτευση και να διαλυθούν κατά την επαφή με το νερό. Επιπλέον μπορούν να απορριφθούν σε σωρούς κομποστοποίησης με απαραίτητα πρόσθετα, κυρίως αν το κλίμα είναι θερμό μετά τη χρήση τους. Σε πολλές συσκευασίες ωστόσο δεν αναγράφεται σχετική ενημέρωση για το εάν η συσκευασία είναι βιώσιμη και τελικά, ο καταναλωτής έχει την ευθύνη για το μέλλον της. Ωστόσο υπάρχουν τρόποι για να αναγνωριστεί εάν τα συγκεκριμένα υλικά συσκευασίας είναι βιοδιασπώμενα ή όχι. Έτσι λοιπόν, εάν τα βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts” είναι λευκά ή ροζ, είναι πιο πιθανό να είναι κατασκευασμένα από πολυστυρένιο. Τα βιοαποικοδομήσιμα “foam peanuts” είναι συχνά πράσινα για να διακρίνονται από τα συμβατικά αφρώδη. Επίσης, μπορεί να εξεταστεί η συμπεριφορά τους στο στατικό ηλεκτρισμό: μόνο τα συμβατικά foam peanuts συσκευασίας θα φορτιστούν στατικά και θα κολλήσουν στα ρούχα κι όχι τα βιοαποικοδομήσιμα. Τέλος, μπορεί να γίνει μια δοκιμή στο νερό: η ρίψη ενός βιοαποικοδομήσιμου “foam peanut” σε ένα ποτήρι ζεστό νερό θα αποδείξει εάν το υλικό συσκευασίας διαλύεται και είναι βιοαποικοδομήσιμο ή εάν δεν είναι, καθώς παραμένει άθικτο μετά από αρκετές ώρες, επομένως ανήκει στα συμβατικά από αφρώδες πολυστυρένιο.

Περίπτωση 2: Μεμβράνη συσκευασίας από άγαρ (agar)

Το άγαρ είναι ένα υλικό, που καταναλώνεται παραδοσιακά ως τρόφιμο στην Ιαπωνία, και χρησιμοποιείται συχνά για την παρασκευή γλυκών. Χρησιμοποιείται επίσης σε επιστημονικές και ιατρικές εφαρμογές παγκοσμίως. Πωλείται σε αποξηραμένη κατάσταση σε σχήματα φύλλων, νιφάδων και σκόνης. Το φύλλο από άγαρ εμφανίζει πορώδη, φολιδωτή δομή και είναι πολύ ελαφρύ παρά τον όγκο του. Αυτά τα χαρακτηριστικά οδήγησαν στη διερεύνηση της δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί ως υλικό συσκευασίας. Παράγεται από τα φύκια, και συγκεκριμένα από δύο είδη κόκκινων φυκιών, τα οποία αναπτύσσονται και συλλέγονται σε όλο τον κόσμο και το άγαρ μπορεί να παραχθεί με τον βρασμό τους. Οι υπεύθυνοι ερευνητές έχουν μελετήσει με διαφορετικούς τρόπους το υλικό αυτό. Πρώτον, την καθαρή σκόνη άγαρ από μόνη της. Δεύτερον, το συνδυασμό της σκόνης άγαρ με εκχυλισμένες ίνες κόκκινων φυκιών. Τρίτον, την ανάμιξη σκόνης άγαρ με τέφρα, η οποία αποτελεί απόβλητο της βιομηχανίας τροφίμων.



Εικόνα 36. Κόκκινα φύκια από τα οποία παράγεται το Agar, ένας πολυσακχαρίτης που εξάγεται κυρίως από Tengusa (Gelidiaceae) και Ogonori (Gracilaria).



Εικόνα 37. Διάφορες πολυτελείς συσκευασίες κατασκευασμένες από άγαρ.

Μετά τη χρήση τους, τα προϊόντα από άγαρ μπορούν να απορριφθούν με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, κατά την απόρριψή τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα με κατακράτηση νερού, επειδή το άγαρ απορροφά και συγκρατεί το νερό σε μεγάλο βαθμό. Επίσης, εάν καταλήξουν στον ωκεανό ή στον χώρο υγειονομικής ταφής, δεν είναι επιβλαβή για το περιβάλλον ή για τα ζώα, καθώς το άγαρ απλώς βιοδιασπάται.



Εικόνα 38. Βιοδιασπώμενο υλικό συσκευασίας από άγαρ.



Εικόνα 39. Προϊόν συσκευασμένο εντός συσκευασίας από άγαρ.

Συσκευασία από μπαμπού (bamboo)

Το μπαμπού ως υλικό συσκευασίας δημιουργήθηκε και διαδόθηκε γρήγορα στην αγορά ενώ επεκτείνεται ολοένα και περισσότερο.

Το φυτό μπαμπού ανήκει στην οικογένεια του φυτού Poaceae και στην υπο-οικογένεια Bambusoideae που αναπτύσσεται στα περισσότερα μέρη του κόσμου. Είναι γνωστό κυρίως για τα τρία μοναδικά χαρακτηριστικά του, δηλαδή την ταχεία ανάπτυξη, την ανθοφορία και τις ανώτερες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες (Hung and Wu, 2010). Είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο φυτό σε σύγκριση με άλλα φυτά. Αποτελείται από τρία μέρη, ρίζα (ρίζωμα), κοχύλια (πόλο) και φύλλα. Το μπαμπού έχει μεγάλη δυνατότητα απορρόφησης και αποθήκευσης άνθρακα. Επίσης, έχει μεγάλη ικανότητα δέσμευσης αζώτου, καθιστώντας το πολύ ελκυστικό από οικολογική άποψη (Castro, 2004, Dwivedi et al., 2019, Gu et al., 2019, Song et al., 2011; Will, 2008, Wu et. κ.λπ., 2015).

Περίπτωση 3: Dell, συσκευασία από μπαμπού

Η συσκευασία μπαμπού της Dell είναι βιοαποικοδομήσιμη και μπορεί να κομποστοποιηθεί μετά τη χρήση της. Έχει πιστοποιηθεί ως λιπασματοποιήσιμη σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ASTM από ένα ανεξάρτητο εργαστήριο δοκιμών. Αυτή η πιστοποίηση διασφαλίζει ότι το μπαμπού θα κομποστοποιηθεί με ρυθμό συγκρίσιμο με τα ήδη γνωστά λιπασματοποιήσιμα υλικά. Χρησιμοποιείται ως βιώσιμη συσκευασία στον τομέα των ηλεκτρονικών συσκευών.



Εικόνα 40. Συσκευασία από μπαμπού, Dell

Συσκευασία από μανιτάρια (mushroom packaging)

Η εξωτερική επιφάνεια και οι ρίζες του μανιταριού αποτελούνται από μυκήλια (mycelium). Τα μυκήλια δημιουργούν ένα ζωντανό δίκτυο λεπτών ριζών που καθαρίζει τη γη και επιτρέπει ακόμη και στα φυτά να μεταφέρουν θρεπτικά συστατικά μεταξύ τους. Η φυσική αυτή διαδικασία επιτρέπει στα μυκήλια να αναπτυχθούν και να μορφοποιηθούν σε οποιοδήποτε σχήμα ή μόρφη και να δημιουργήσουν ποικίλες παραλλαγές συσκευασίας προϊόντων.



Εικόνα 41. Μυκήλιο

Η συσκευασία από μυκήλια μανιταριών μπορεί να αντικαταστήσει τις συμβατικές πλαστικές συσκευασίες. Τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να αποτελέσουν τις πρώτες ύλες για τις συσκευασίες από μυκήλια μανιταριών, οι οποίες μπορούν να επιστρέψουν στο έδαφος και να συμβάλλουν στη δημιουργία νέων γεωργικών προϊόντων.

Αυτή η φυσική διαδικασία μπορεί να αναπτυχθεί σχεδόν σε οποιοδήποτε σχήμα ή μορφή για να δημιουργήσει απεριόριστες παραλλαγές της συσκευασίας προϊόντων. Το μυκήλιο όταν αναμειχθεί για παράδειγμα με βρώμη και πριονίδια σχηματίζει ένα στερεό υλικό συσκευασίας.

Πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση μυκηλίου μανιταριών για την παραγωγή συσκευασίας:

- 100% βιοδιασπώμενο και ανανεώσιμο υλικό
- "Up-cycling"-τα απόβλητα αποτελούν πρώτες ύλες για άλλα προϊόντα
- Δυνατότητα κομποστοποίησης στο σπίτι αλλά και σε βιομηχανικές μονάδες κομποστοποίησης
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Χαμηλές εκπομπές CO₂

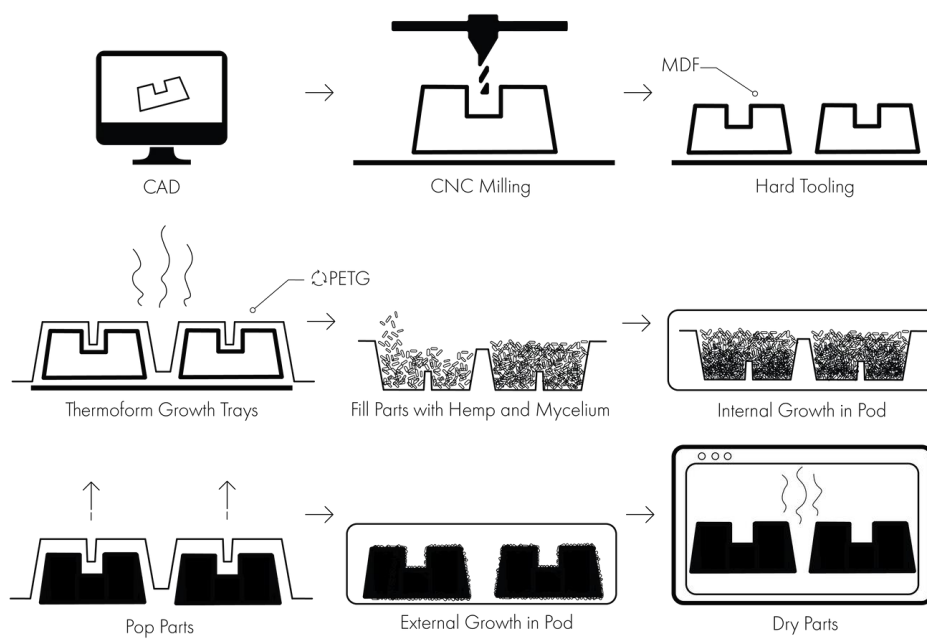
Οι ιδιότητες των σύνθετων υλικών από μυκήλια μανιταριών, όπως η αντοχή σε θλίψη, η ευκαμπτότητα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα εξαρτώνται από τα χρησιμοποιούμενα είδη μυκήτων, την πρώτη ύλη, τα πρόσθετα και τις συνθήκες του περιβάλλοντος ανάπτυξης (Jones et al. 2017). Γενικά, τα σύνθετα μυκήλια έχουν ιδιότητες παρόμοιες με εκείνες των συμβατικών αφρώδων πολυμερών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό συσκευασίας (Holt et al. 2012) ή σε κατασκευές (Xing et al. 2018). Στην πράξη, η παραγωγή σύνθετου μυκηλίου περιλαμβάνει την απενεργοποίηση του μύκητα, με κάποια επεξεργασία, όπως για παράδειγμα θερμική. Ο χρόνος πριν την απενεργοποίηση καθορίζει την αναλογία μεταξύ φυτικής (plant) και μυκητιακής (fungal) βιομάζας. Έτσι, ο μύκητας απενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία σύνθετου υλικού μυκηλίου (Grimm, W., 2018)

Συνθήκες που επηρεάζουν τις ιδιότητες του μυκηλίου:

Η παράταση της ανάπτυξης οδηγεί σε ένα καθαρό υλικό μυκηλίου. Παρουσιάζει ενδιαφέρουσες ιδιότητες (Islam et al. 2017; Haneef et al. 2017; Appels et al. 2018) που επηρεάζονται από τα είδη μυκήτων και το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται. Η ανάπτυξη της κυτταρίνης/πατάτας-δεξτρόζης οδηγεί σε ένα πιο σκληρό υλικό, όπως η περίπτωση του *P. ostreatus* σε σύγκριση με το *Ganoderma lucidum*. Επιπλέον, η περιεκτικότητα δεξτρόζης στα υποστρώματα οδηγεί σε πιο ελαστικά υλικά. Το φως και το CO₂ επηρεάζουν επίσης τις ιδιότητες των υλικών (Appels et al. 2018). Κάποια στελέχη έχουν μεγαλύτερη αντοχή στο νερό από άλλα. Συμπερασματικά οι γενετικές τροποποιήσεις και οι συνθήκες περιβαλλοντικής ανάπτυξης επηρεάζουν τις ιδιότητες του μυκηλίου.

Περίπτωση 4: Συσκευασία από μυκήλιο της Paradise Packaging

Η επιχείρηση Paradise Packaging σχεδιάζει συσκευασίες μυκηλίου με χύτευση ανάλογα με το επιθυμητό σχήμα του προϊόντος. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, η συσκευασία χρειάζεται επτά ημέρες για να αναπτυχθεί και στην συνέχεια αφαιρείται από το καλούπι και αφυδατώνεται. Τα υλικά για τη δημιουργία της συσκευασίας αποτελούνται από κάνναβη και μυκήλιο, αυτό που ονομάζεται MycoComposite και αποτελεί μια πατενταρισμένη πλατφόρμα βιοϋλικών που χρησιμοποιεί το μυκήλιο ως “αυτοσυναρμολογούμενο” βιολογικό συνδετικό υλικό για γεωργικά υποπροϊόντα, από την επιχείρηση Ecovative Design. Η συσκευασία μπορεί να προστεθεί στο χρώμα και κομποστοποιείται μέσα σε 30 ημέρες.



Εικόνα 42. Σχηματική απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας μιας συσκευασίας από μυκήλιο



Εικόνα 43. Συσκευασία από μανιτάρια της “Magical mushroom”, την πρώτη μονάδα παραγωγής στο Ηνωμένο Βασίλειο που κατασκευάζει συσκευασίες με βάση το μυκήλιο.

Περίπτωση 5: Η οικολογική συσκευασία Biodegrapak

Η συσκευασία Biodegrapak είναι σχεδιασμένη να είναι οικολογική από κάθε άποψη. Αποτελείται από ανακυκλωμένο καθαρισμένο χαρτοπολτό, αλεύρι, άμυλο και βιολογικούς σπόρους. Αφού χρησιμοποιηθεί το περιεχόμενο της, δηλαδή τα τέσσερα αυγά, αντί να ανακυκλωθεί ή να πεταχτεί, ο καταναλωτής μπορεί να την ποτίσει ή να την φυτέψει ώστε να αναπτυχθούν οι σπόροι που περιέχει. (bosnas, 2019). Η συσκευασία Biodegrapak κέρδισε τον διαγωνισμό 'Young Balkan Designers', 2019.



(a)



(b)



(c)

Εικόνα 44 (a,b,c). Χρήση και απόρριψη βιοδιασπώμενης συσκευασίας αυγών



Εικόνα 45. Στάδια ανάπτυξης του φυτού μετά τη φύτευση της βιοδιασπώμενης συσκευασίας

Βρώσιμα υλικά συσκευασίας

Αυτός ο τύπος συσκευασίας είναι κατασκευασμένος από βιοπολυμερή και βελτιώνεται συνεχώς σε ότι αφορά τη σύνθεσή του. Ένα λεπτό στρώμα βρώσιμου υλικού μπορεί να διαμορφωθεί με τέτοιες προδιαγραφές έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως περιτύλιγμα τροφίμων, αλλά και να αποφευχθεί πιθανή απώλεια τροφής.

Τα βρώσιμα υλικά συσκευασίας διακρίνονται σε δύο κύριες ομάδες, τις επικαλύψεις και τις μεμβράνες (φιλμ). Οι επικαλύψεις εφαρμόζονται σε υγρή μορφή, ενώ οι μεμβράνες παράγονται ως αυτόνομες δομές και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ως συσκευασία. Επιπλέον οι βρώσιμες μεμβράνες διαφοροποιούνται και με βάση το πάχος τους. Αρκετές μελέτες έχουν εντοπίσει την ανάγκη αξιολόγησης της μηχανικής αντοχής, της διαβρεξιμότητας, καθώς και άλλων ιδιοτήτων όπως οι θερμικές, οπτικές (φωτεινότητα και αδιαφάνεια), και μορφολογικές ιδιότητες των βρώσιμων μεμβρανών. Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους που σχετίζονται με την επίστρωση και τη σύνθεση μεμβράνης, όπως συνθήκες παρασκευής (είδος διαλύτη, pH, συγκέντρωση συστατικών και θερμοκρασία) αλλά και τύπος προσθέτων (όπως παράγοντες διασύνδεσης, αντιμικροβιακά, πλαστικοποιητές και γαλακτωματοποιητές). Συγκεκριμένα, η εφαρμογή αντιμικροβιακών παραγόντων στην επιφάνεια φαίνεται να αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη παρέμβαση για προϊόντα έτοιμα προς κατανάλωση. Η ενσωμάτωση της αντιμικροβιακής ένωσης στη βρώσιμη επικάλυψη εφαρμόζεται με εμβάπτιση, ρολό ή ψεκασμό σε τρόφιμα.

Οι εφαρμογές διαφόρων υλικών από πολυσακχαρίτη, όπως το άμυλο και τα παράγωγά του, αλγινικά, χιτοζάνη, πουλλουράνη και πηκτίνη στα τρόφιμα, έχουν παρόμοιες λειτουργικές ιδιότητες με αυτές των λιπιδίων (κεριά, ακετυλογλυκερίδια και shellac), καθώς και πρωτεϊνών (ζελατίνη αραβοσίτου, ζελατίνη, πρωτεΐνη ορού γάλακτος και γλουτένη σίτου) που χρησιμοποιούνται ως βάση για μεμβράνες και βρώσιμα επιχρίσματα. Η προσθήκη συστατικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, συχνά με βιοδραστικές ιδιότητες, οδηγεί στη βελτίωση της συγκολλητικότητας της βρώσιμης συσκευασίας και της αντοχής κατά την επεξεργασία, την αποθήκευση και τη μεταφορά των τροφίμων. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση λιπιδίων και λιπαρών οξέων μπορεί να βελτιώσει τις ιδιότητες φραγμού στην υγρασία, τους ατμούς, και τα αέρια. Η διαβρεξιμότητα αυτής της επιφάνειας είναι επίσης σημαντική για τη σωστή πρόσφυση της επικάλυψης, ιδιότητα που μπορεί να τροποποιηθεί με την προσθήκη ενός κατάλληλου τασιενεργού στο υγρό επικάλυψης. Τα υλικά συσκευασίας από φρούτα και λαχανικά μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως πρόσθετα, π.χ. αρώματα, χρωστικές, γεύσεις, θρεπτικά συστατικά και ως αντιμικροβιακοί και αντιφλεγμονώδεις παράγοντες, για την βελτίωση της ποιότητας και οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων. (Kadzinska et al., 2019)

Υλικά συσκευασίας από φύκη (algae)

Περίπτωση 6: Βρώσιμη συσκευασία από φύκια της enoware

Μία νεοφυής εταιρεία (startup) που ονομάζεται eco&co, enoware, στην Ινδονησία, φαίνεται να έχει κάνει μεγάλα βήματα σε ότι αφορά την καλλιέργεια φυτών και την μετατροπή τους σε συσκευασίες που είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Αρχικά σχεδίασε και κατασκεύασε συσκευασίες τροφίμων και φακέλους από υλικό με βάση τα φύκια που είναι δυνατόν να διαλυθούν ή/και να καταναλωθούν (όπως φακελάκια μπαχαρικών για νουντλς). Το υλικό αυτό είναι άγευστο, άοσμο και παράλληλα υγιεινό. Μπορεί δε να εκτυπωθεί και να παραχθεί σε διάφορα χρώματα. Αν δεν καταναλωθεί μπορεί επίσης να αποτελέσει λίπασμα φυτών. Επιπλέον, η Enoware έχει σχεδιάσει μια συσκευασία, κατασκευασμένη από φυσική ρητίνη Damar (κόμμι) από τη Νότια Ασία, που συγκρατεί τα υγρά, δημιουργώντας εύκολα λιπασματοποιήσιμες συσκευασίες για προϊόντα προσωπικής φροντίδας.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της ιδέας είναι πως τα φύκια έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σχεδόν σε κάθε ακτογραμμή, φυσικά χωρίς αυτό να σημαίνει πως πρέπει να γίνει ανεξέλεγκτη χρήση τους. Επιπλέον, η εταιρεία ecoware υποστηρίζει πως βοηθά την οικονομία και τον βιοπορισμό των ανθρώπων με χαμηλά εισοδήματα στην Ινδονησία, ενώ κύριος πόρος είναι το θαλασσινό νερό.



Εικόνα 46. Διάφορες βιοδιασπώμενες συσκευασίες από φύκια

Περίπτωση 7: Συσκευασίες Notpla

Μία ακόμη νεοφυής εταιρεία (startup) με ενδιαφέρουσες λύσεις έναντι των πλαστικών μιας χρήσης προτείνει την αντικατάσταση φιαλών μιας χρήσης, αλλά και συσκευασιών fast-food, όπως τα φακελάκια για σως και τα κουτιά φαγητού, κυρίως εκείνα με επένδυση από χαρτόνι και πλαστική επικάλυψη. Σαν λύση στο πρόβλημα αυτό, η εταιρεία χρησιμοποιεί τα καφέ φύκια για την παραγωγή των συσκευασιών της και η επιλογή αυτή υποστηρίζεται από το ότι τα συγκεκριμένα φύκια μεγαλώνουν έως ένα μέτρο την ημέρα, οπότε μπορεί να ανταπεξέλθει στις ανάγκες συσκευασίας των τροφίμων. Επιπλέον δεν χρειάζεται πόσιμο νερό ή λίπασμα και συμβάλλει ενεργά στην εξουδετέρωση της οξύτητας (de-acidifying) των ωκεανών.



Εικόνα 47. Καφέ φύκια

Υπολογίζεται ότι η βιοδιάσπαση των εν λόγω συσκευασιών συμβαίνει με φυσικό τρόπο εντός 4-6 εβδομάδων. Επιπλέον, σε αντίθεση με το PLA, είναι λιπασματοποιήσιμο και δεν μολύνει την ανακύκλωση PET.

Στο έργο αυτό σημαντικό ρόλο έχει η χρήση των υλικών αυτών σε βιομηχανική κλίμακα, όπως η παραγωγή σε φακελάκια Oohos (20-150 mL), ανάλογα με την εφαρμογή. Τα φακελάκια Oohos αντικαθιστούν τα πλαστικά ποτήρια και τα μπουκάλια και είναι ιδανική λύση για διοργανώσεις, αγώνες και άλλες αθλητικές εκδηλώσεις, όπως για παράδειγμα έγινε στον Μαραθώνιο Virgin Money London.



Εικόνα 48. Βιοδιασπώμενες συσκευασίες “Οσος”

Άλλες βιοδιασπώμενες συσκευασίες από καφέ άλγη.



Εικόνα 49. Βιοπλαστικό υλικό από άλγη, χρωματισμένο με φυσικές χρωστικές ουσίες φρούτων



Εικόνα 50. Βιοδιασπώμενες συσκευασίες τροφίμων από άλγη

Υλικά συσκευασίας (βερνίκια και μεμβράνες) από βιομηχανικά απόβλητα “bio-waste”

Περίπτωση 8: BIO-BOARD

Ευρωπαίοι ερευνητές ανέπτυξαν μια καινοτόμο λύση για τη συσκευασία που όχι μόνο διασφαλίζει ότι είναι εύκολα ανακυκλώσιμη και βιοαποικοδομήσιμη, αλλά μπορεί επίσης να παραχθεί με βιώσιμο τρόπο. Στο έργο BIO-BOARD που χρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ, αναπτύχθηκαν βιοϋλικά για να αντικαταστήσουν επικαλύψεις πολυαιθυλενίου κατασκευασμένες από υποπροϊόντα που χρησιμοποιούνται ελάχιστα ή καθόλου από τη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων, όπως ο ορός του γάλακτος από τα τυροκομεία και ο αποξηραμένος πολτός πατάτας από την παραγωγή αμύλου.

Χαρτοκιβώτια από αποξηραμένο πολτό πατάτας και ορό γάλακτος

Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή επικαλύψεων με βάση τις πρωτεΐνες είναι άφθονες. Από τα 50 εκατομμύρια τόνους ορού γάλακτος που παράγονται ετησίως στην Ευρώπη, απορρίπτεται προς το παρόν έως και το 50%, μαζί με 65.000 τόνους συμπυκνωμένων χυμών φρούτων, καθώς και 140.000 τόνους αποξηραμένου πολτού πατάτας. Η ιδέα για αξιοποίηση των παραπάνω υλικών συναντά τη δυσκολία να μετατραπούν όλοι αυτοί οι άφθονοι και βιώσιμοι πόροι σε ένα χρησιμοποιήσιμο βιοϋλικό, που μπορεί να έχει παρόμοιες ιδιότητες και αντοχές με τα συμβατικά πλαστικά.

Οι ερευνητές της επιχείρησης BIO-BOARD δοκίμασαν διαφορετικές συνθέσεις και επέλεξαν τις πιο επιτυχημένες για την κατασκευή επικαλύψεων με βάση το παραπάνω βιολογικό υλικό, αξιολογώντας τα παραγόμενα προϊόντα ως προς τις ιδιότητες φραγής, την πρόσφυση, την ευκαμπτότητα και την καταλληλότητά τους για την αποθήκευση στερεών και υγρών τροφίμων. Σε μια πιλοτική διαδικασία παραγωγής, δοκιμάστηκαν διαφορετικές τεχνικές εξώθησης για να εφαρμοστούν επικαλύψεις πάνω σε χαρτί και χαρτόνι, και επίσης διερευνήθηκαν άλλες πιθανές διαδικασίες παραγωγής συσκευασιών, όπως η εφαρμογή με το μηχανισμό της έγχυσης. Ο στόχος της έρευνας ήταν να αναπτυχθεί ένας τρόπος εφαρμογής των επιχρισμάτων με αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο.

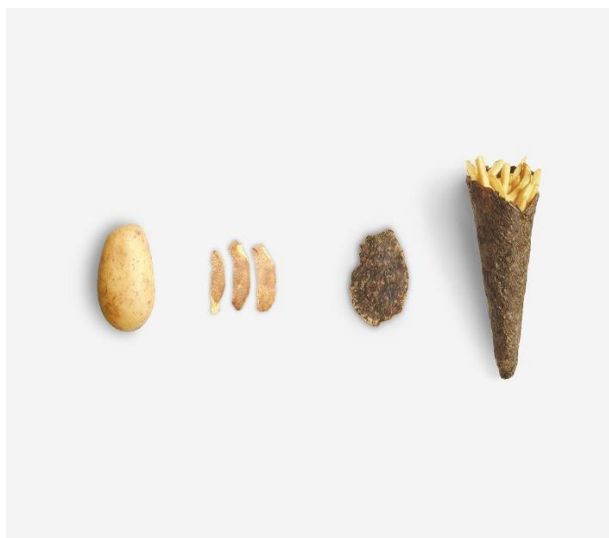
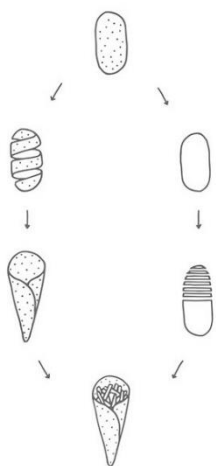
Γενικά, φαίνεται ότι για τους παραγωγούς συσκευασιών και τη βιομηχανία γεωργικών προϊόντων διατροφής, μια βιώσιμη εναλλακτική λύση έναντι των συσκευασιών με βάση τα πετροχημικά θα μπορεί, μακροπρόθεσμα, να μειώσει το κόστος και να αυξήσει την ανταγωνιστικότητα, συμβάλλοντας παράλληλα στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και την προστασία του περιβάλλοντος προς όφελος όλων. (BIO-BOARD, 2015)

Περίπτωση 9: Οικολογική συσκευασία από πατάτα, “PEEL SAVER”

Οι εταιρείες που παρασκευάζουν πατάτες παράγουν πολλά απόβλητα από φλούδες πατάτας. Η ιδέα του συγκεκριμένου έργου είναι να χρησιμοποιείται αυτό το απόβλητο ως υλικό για τη δημιουργία μιας συσκευασίας τροφίμων κατηγορίας fast food.

Οι φλούδες πατάτας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή συσκευασιών, κυρίως για την συσκευασία της πατάτας ως προϊόν.

Είναι γνωστό ότι η φλούδα της πατάτας αποτελείται από άμυλο και ίνες, που μετά από διαβροχή και φυσική ξήρανση αποκτούν την ικανότητα να κολλούν μεταξύ τους και να σκληραίνουν. Το υλικό που παράγεται αποτελείται πλήρως από απόβλητα της παραγωγής και είναι 100% βιοαποικοδομήσιμο. Μετά τη χρήση της, η συσκευασία μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί επωφελώς στον βιολογικό κύκλο μετατρέπόμενη σε ζωική τροφή ή λίπασμα για τα φυτά.



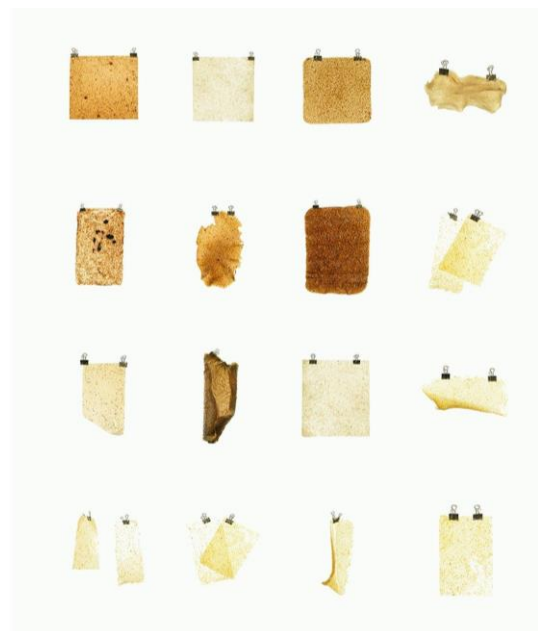
Εικόνα 51. Στάδια επεξεργασίας της φλούδας πατάτας για την δημιουργία συσκευασίας



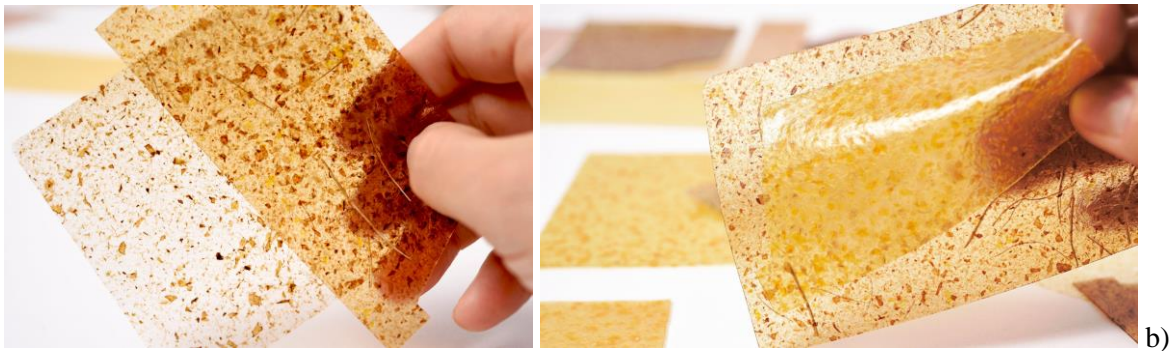
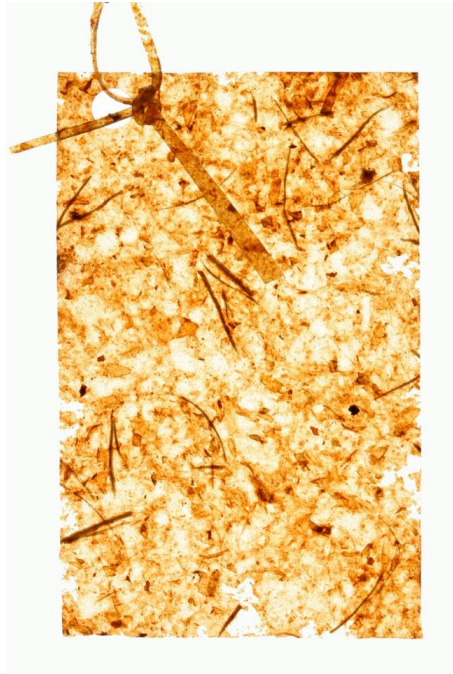
Εικόνα 52. Όταν η συσκευασία “PeelSaver” απορριφθεί, μπορεί να γίνει τροφή για τα ζώα

Περίπτωση 10: Η τεχνική Cooking new materials

Η τεχνική «Cooking new materials» στοχεύει στην επεξεργασία βιολογικών αποβλήτων για τη δημιουργία μιας μαλακής αλλά ανθεκτικής μεμβράνης. Τα φαινομενικά “άχρηστα” απόβλητα τροφίμων αποκτούν και πάλι ζωή. Η μπανάνα και η φλούδα πορτοκαλιού ή το γάλα σόγιας συνδυάζονται με ένα φυσικό συνδετικό μέσο ως υπόστρωμα. Το σύνθετο υλικό που προκύπτει είναι 100% βιοαποικοδομήσιμο. Επιπλέον είναι ανθεκτικό, με αντοχή στο νερό, ενώ διατηρεί τη φρουτώδη οσμή, την εκλεπτυσμένη υφή και είναι ευχάριστο στην αφή.



a)



Εικόνα 53 α). Μεμβράνες από βιολογικά απόβλητα, β) από φλούδα μπανάνας



Εικόνα 54. Μεμβράνες από σόγια



Εικόνα 55. Μεμβράνες από σόγια, χρώμα από indigo (ένα τροπικό φυτό της οικογένειας μπιζελιών, το οποίο παλαιότερα καλλιεργούνταν ευρέως ως πηγή της μπλε χρωστικής)

Περίπτωση 11: Συσκευασία από φλοιό ρυζιού των Bio4Pack, PaperWise

Ο φλοιός του ρυζιού παραμένει ανεκμετάλλευτος μετά τη συγκομιδή και την επεξεργασία του ρυζιού. Ο φθηνότερος και ταχύτερος τρόπος διαχείρισης είναι η καύση στους ορυζώνες, γεγονός που δημιουργεί τεράστια νέφη καπνού και απειλεί την τοπική βιοποικιλότητα, ενώ συμβάλει στην εξάτμιση επίσης ποσοτήτων πολύτιμου νερού από τους ορυζώνες. Ωστόσο, παρά τα προβλήματα αυτά, οι αγρότες δεν βλέπουν άλλη λύση, καθώς έχουν μόνο λίγο χρόνο για να προετοιμάσουν τη γη τους για τη νέα σοδειά ενώ το άχυρο παραμένει ανεκμετάλλευτο.

Στις Κάτω Χώρες, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερες πλαστικές συσκευασίες για την καλύτερη συντήρηση φρούτων και λαχανικών, την καλύτερη προβολή ή τη διατήρησή τους. Ωστόσο, οι καταναλωτές και οι κυβερνήσεις δίνουν όλο και περισσότερη προσοχή στα προβλήματα που προκαλούνται από τα πλαστικά απόβλητα, ενώ τα σούπερ μάρκετ αναζητούν επίσης, τρόπους μείωσης της χρήσης πλαστικών συσκευασιών.

Το Bio4Pack και το PaperWise μετατρέπουν το φλοιό ρυζιού σε συσκευασία με παρόμοιες ιδιότητες με τις συμβατικές συσκευασίες από χαρτοπολλτό ή χαρτόνι. Με αυτήν τη συσκευασία μπορούν να αντικατασταθούν συμβατικοί πλαστικοί δίσκοι με δίσκους που μπορούν να ανακυκλωθούν μέσω της συλλογής και ανακύκλωσης του χαρτιού. Είναι λιπασματοποιήσιμα υλικά, τόσο σε οικιακή όσο και βιομηχανική κλίμακα.



Εικόνα 56. Βιοδιασπώμενες συσκευασίες τροφίμων από φλοιό ρυζιού, Bio4pack

Κυκλικό επιχειρηματικό μοντέλο Bio4pack:

Είναι θετικό για τους αγρότες ρυζιού να πωλούν το φλοιό τους. Επειδή απαγορεύεται επίσημα πλέον να τον κάψουν, με αυτή τη διαδικασία τα απόβλητά τους αποκτούν αξία. Η πώληση του υλικού διασφαλίζει ότι οι αγρότες έχουν σχεδόν 15% περισσότερη οικονομική απόδοση ανά συγκομιδή. Για το Bio4pack σημαίνει επέκταση της ποικιλίας των βιώσιμων συσκευασιών με ένα προϊόν με πιστοποίηση C2C. Εκτός από τα αποδεδειγμένα περιβαλλοντικά οφέλη, έχει επίσης έναν ισχυρά κοινωνικά βιώσιμο χαρακτήρα.

Περίπτωση 12: Συσκευασία από σακχαροκάλαμο (Sugar Cane)

Το ζαχαροκάλαμο είναι ανανεώσιμο υλικό. Το πολυαιθυλένιο σακχαροκάλαμου αντικαθιστά το 30% ή και περισσότερο του πετρελαίου που διαφορετικά θα χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή του πλαστικού. Η χρήση του αφήνει χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα. Κάθε μετρικός τόνος βιοπολυαιθυλενίου που παράγεται αποφεύγει την εκπομπή 2 έως 2,5 μετρικών τόνων διοξειδίου του άνθρακα. (sugarcane)

Άλλα πλεονεκτήματα που διαθέτει το σακχαροκάλαμο ως υλικό συσκευασίας:

- Οι ίνες από σακχαροκάλαμο προέρχονται από μια ανανεώσιμη, ταχέως αναπτυσσόμενη σοδειά με πολλές συγκομιδές ετησίως.
- Η ίνα του προέρχεται από απορρίμματα (ότι απομένει μετά την παραγωγή ζάχαρης).
- 100% GMO free (δεν περιέχει γενετικά τροποποιημένα υλικά).
- “Tree less”-κανένα δέντρο δεν χρειάζεται να κοπεί για την παραγωγή του.
- Οι ίνες από σακχαροκάλαμο διαθέτουν φυσική εμφάνιση και αίσθηση.
- Η συσκευασία μπορεί να ανακυκλωθεί ακριβώς όπως το χαρτί.
- Δεδομένου ότι θεωρείται απόβλητο δεν απαιτείται νέα καλλιέργεια για την παραγωγή του (eosta).

Σε πολλές έρευνες αναφέρεται η χρησιμότητα του ζαχαροκάλαμου και οι αντιμικροβιακές και μηχανικές λειτουργίες του, όταν χρησιμοποιείται στην συσκευασία τροφίμων. Μembrάνες ζαχαροκάλαμου δοκιμάστηκαν ως επενδύσεις σε συσκευασίες για ζαμπόν και λουκάνικα.



Εικόνα 57. Συσκευασία φρούτων από απορίμματα ζαχαροκάλαμου, eosta

Περίπτωση 13: Λάκα από βιομηχανικά απόβλητα υποπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας, BiocoracPlus

Η φάρμα “Virginio Chiesa Farm” (Ιταλία), δημιούργησε το πρόγραμμα BiocoracPlus. Η ιδέα βασίστηκε στο γεγονός ότι οι επιφάνειες μεταλλικών συσκευασιών επικαλύπτονται με λάκα που έχουν ως βάση το λάδι (oil-based lacquers), για την προστασία τους από τη διάβρωση. Αναπτύσσοντας μία φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση η “Virginio Chiesa Farm” δημιούργησε μια βιολογική λάκα (bio-lacquer) μέσω της ανακύκλωσης των αποβλήτων από την βιομηχανία επεξεργασίας ντομάτας, αξιοποιώντας δηλαδή ανανεώσιμες πηγές, όπως είναι τα υποπροϊόντα της ντομάτας.

Πιο συγκεκριμένα, το Cutin είναι ένα υλικό που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη παραγωγής του βερνικιού. Αποτελεί ένα φυσικό πολυμερές και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ως βιο-ρητίνη για την παραγωγή της λάκας που προορίζεται για την εσωτερική επίστρωση μεταλλικών δοχείων συσκευασίας τροφίμων. Παρασκευάζεται από απορίμματα φλοιών ντομάτας, ενώ κατά τη διαδικασία δεν χρησιμοποιούνται επικίνδυνοι οργανικοί διαλύτες. Αντίθετα, βασίζεται σε απλές και γνωστές τεχνικές, και δίνει προϊόντα με υψηλές επιδόσεις και απόδοση σε σχετικά χαμηλό κόστος.



Εικόνα 58. Μεταλλική συσκευασία τροφίμων από την “BiocoracPlus”

Τα απόβλητα που με τη σειρά τους απομένουν από την διαδικασία αυτή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου με υψηλή απόδοση. Σημαντικό είναι πως η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί ανεξαρτήτως γεωγραφικής προέλευσης της ντομάτας και του είδους του φλοιού. Η καινοτόμος αυτή διαδικασία έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και μπορεί εύκολα να αναπαραχθεί σε άλλα περιβάλλοντα ή χώρες, για την παραγωγή τοπικής βιο-λάκας. Το πρώτο πιλοτικό εργοστάσιο για την παραγωγή του Cutin λειτούργησε στο αγρόκτημα Virginio Chiesa τον Οκτώβριο του 2016. Το εργοστάσιο έχει τη δυνατότητα να επεξεργάζεται 100 κιλά φλοιού ντομάτας ανά ώρα. Το έργο στοχεύει να επεκτείνει την παραγωγή της βιο-λάκας σε βιομηχανική κλίμακα. Ταυτόχρονα, μεγάλο είναι και το οικονομικό όφελος που εξασφαλίζεται για τους παραγωγούς ντομάτας από τη διαδικασία αυτή και συγκεκριμένα από την αξιοποίηση του φλοιού ντομάτας και τη δραστική μείωση του κόστους διαχείρισης των αποβλήτων της.

Είναι χαρακτηριστικό ότι οι ευρωπαϊκές χώρες παράγουν περισσότερους από 300.000 τόνους στερεού υπολείμματος ντομάτας ενώ η Biocorac προτείνει την ιδέα αξιοποίησης των αποβλήτων ντομάτας ως βιοκαύσιμο υψηλής αξίας και άλλα χρήσιμα προϊόντα, χρησιμοποιώντας μη συμβατικές πηγές ενέργειας από άνθρακα για την παραγωγή. Σύμφωνα με το έργο, τα απόβλητα της ντομάτας μπορούν να αποθηκευτούν κατά τη διάρκεια της συγκομιδής ντομάτας και στη συνέχεια να χρησιμοποιούνται όλο το χρόνο για τη σταδιακή εξαγωγή του υλικού Cutin, δημιουργώντας ένα επιπλέον κίνητρο για τη συνεχή εκμετάλλευση των αποβλήτων αυτών. Στα πλαίσια αυτά, ο Stefano Chiesa κέρδισε το διεθνές βραβείο UNIDO 2017 Agribusiness και το 2017 Oscar Green, που διοργανώθηκε στην Ιταλία για να ανταμείψει τις καινοτόμες ιδέες στη γεωργία προερχόμενες από νέους αγρότες, με θετικά αποτελέσματα στην υγεία, την γεωργική οικονομία και το περιβάλλον.

Rethink (Επανεξέταση)

Έτσι χαρακτηρίζεται ο επαναπροσδιορισμός του σχεδιασμού ή της εφαρμογής της συσκευασίας (ή του προϊόντος) με σκοπό τη μεγιστοποίηση των θετικών (και ελαχιστοποίηση των αρνητικών) περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων που προκαλεί.

Σχεδιασμός:

Ο σχεδιασμός «κυκλικών προϊόντων» διερευνά και αναπτύσσει μεθόδους και στρατηγικές για επέκταση της χρήσης του προϊόντος, επαναχρησιμοποίηση, ανακατασκευή και μεγιστοποίηση της δυνατότητας ανακύκλωσης, καθώς και επιχειρηματικά μοντέλα που επιτρέπουν αυτές τις στρατηγικές. Ο σχεδιασμός για την κυκλική οικονομία βοηθά τις επιχειρήσεις να δημιουργήσουν αξία και να συμβάλλουν σε μια βιώσιμη κοινωνία, ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και εξοικονομώντας κόστος σε υλικά, ενέργεια, μεταφορά και διάθεση.

Η τήρηση των ακόλουθων βασικών «κανόνων σχεδιασμού» θα βελτιώσει την ανακυκλωσιμότητα των περισσότερων τύπων συσκευασιών:

- Να αποφεύγονται οι τοξίνες.
- Να χρησιμοποιείται ένα μόνο υλικό όταν είναι δυνατόν.
- Εάν είναι δυνατόν, να χρησιμοποιούνται ανακυκλωμένες ή ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
- Εάν πρέπει να χρησιμοποιηθούν πολλά υλικά, να βεβαιώνεται ότι διαχωρίζονται με ευκολία.
- Να δίνεται βάση στην υλικοτεχνική απόδοση (logistical efficiency) κατά την ανάπτυξη συσκευασιών.
- Να γίνεται υγιεινή επεξεργασία.
- Να συμπεριλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση του υλικού συσκευασίας και τη σωστή απόρριψη μετά τη χρήση της από τους καταναλωτές.

Η εταιρεία κατασκευής συσκευασιών θα πρέπει να αναλάβει την ευθύνη για τα παραπάνω.



Εικόνα 59. Γραπτή επισήμανση σε χάρτινο κουτί συσκευασίας: "I'M NOT TRASH"

Η συσκευασία πρέπει να αντιστοιχεί στον λειτουργικό σκοπό της με το ελάχιστο περιβαλλοντικό και κοινωνικό αντίκτυπο. Οι συσκευασίες πρέπει να ανταποκρίνονται σε πολλές λειτουργίες, οπότε να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Σχεδιασμός αποτελεσματικότητας.
- Σχεδιασμός για βελτιστοποίηση της κατανάλωσης πόρων.
- Σχεδιασμός ώστε να ελαχιστοποιούνται οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις από τη χρήση των υλικών.
- Τεχνική απόδοση (τεχνικές απαιτήσεις του προϊόντος και της συσκευασίας του για τη διασφάλιση της λειτουργικότητάς τους, της προστασίας / διατήρησής τους για ολόκληρη την περίοδο διανομής, αποθήκευσης του προϊόντος μέχρι την κατανάλωσή του). Επιπλέον πρέπει να προστατεύουν το περιεχόμενο από κραδασμούς, υγρασία, θερμότητα, οσμές, διείσδυση φωτός, μικροοργανισμούς ή προσβολή από παράσιτα και δεν πρέπει να παρουσιάζουν διαρροή.
- Πρέπει να ανοίγουν εύκολα (αλλά να είναι δύσκολο να ανοίξουν κατά λάθος).
- Να αναθεωρούνται οι κανονιστικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις και ο αντίκτυπός τους.
- Η συσκευασία πρέπει να περιέχει λογότυπο που να δηλώνει το υλικό από το οποίο κατασκευάζεται, ένα σύμβολο ή μια δήλωση σχετικά με την ανακύκλωση και ένα σύμβολο για την απαγόρευση της ακατάλληλης απόρριψης μετά τη χρήση του.
- Να περιλαμβάνονται διευκρινίσεις σχετικά με την ασφάλεια των παιδιών.
- Σε περίπτωση που η συσκευασία δεν διαθέτει επαρκή επιφάνεια για να εμφανίζονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες, μπορεί να εισαχθεί κατάλληλη ετικέτα.
- Να υπάρχει συμβατότητα με τον υπάρχοντα τεχνολογικό εξοπλισμό και συστήματα διανομής.
- Να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις πελατών (αξιολόγηση του πελάτη σχετικά με τη συσκευασία και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, για παράδειγμα, αισθητική, γεύση, ευκολία, λειτουργικότητα και περιβαλλοντική απόδοση).
- Να βελτιώνει την εικόνα και την αξία της επωνυμίας και τη θέση του προϊόντος στον ανταγωνισμό (απαιτήσεις μάρκετινγκ για συσκευασίες, καινοτομία κ.λπ.).
- Να υπολογίζει τις εκτιμήσεις της αλυσίδας εφοδιασμού, όπως συμβατότητα με την υπάρχουσα ποικιλία συσκευασιών ή / και το σύστημα κατασκευής.
- Να λαμβάνεται υπόψη η νομοθεσία και ο επιχειρησιακός / οικονομικός αντίκτυπος, για παράδειγμα, κανονισμοί σχετικά με την υγιεινή των τροφίμων, την επισήμανση, τα βάρη και τις μονάδες μέτρησης, τα υλικά που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα κ.λπ. Τα οφέλη που επιτυγχάνονται με τον αποτελεσματικό οικολογικό σχεδιασμό της συσκευασίας πρέπει να ελέγχονται και να επικυρώνονται καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

Επιπλέον το σχήμα και το μέγεθος της συσκευασίας θα πρέπει να είναι το βέλτιστο δυνατόν. Από αυτήν την άποψη, πρέπει να αποφεύγεται τόσο το μικρό ή το υπερβολικό μέγεθος της. Πιο συγκεκριμένα, το μικρό μέγεθος μπορεί να προξενήσει ρωγμή συσκευασίας ή ζημιά στα τρόφιμα κατά τη μεταφορά, την αποθήκευση ή τη χρήση. Το υπερβολικό μέγεθος από την άλλη μεριά οδηγεί σε σπατάλη πόρων. Μεταξύ άλλων, η βελτιστοποίηση περιλαμβάνει τα εξής:

- Τη μείωση του πάχους της συσκευασίας.
- Την αφαίρεση του πλεονάζοντος όγκου, των περιττών στρωμάτων και τμημάτων που δεν είναι απαραίτητα, και για ορισμένα προϊόντα, την αύξηση της πυκνότητας κατά τη συγκέντρωση (καφές, χυμοί, απορρυπαντικά κ.λπ.).
- Τη χρήση, όταν είναι δυνατόν, ανακυκλωμένων υλικών.
- Την ελάττωση της ποσότητας των προϊόντων μέσα στη συσκευασία που προορίζεται για κατανάλωση, με βάση τις ανάγκες των καταναλωτών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο σχεδιαστής κατά την σχεδίαση μιας νέας συσκευασίας θα πρέπει να απαντά στα παρακάτω σχετικά ερωτήματα:

- Υπάρχει λειτουργικό σύστημα συλλογής αποβλήτων στην περιοχή εφοδιασμού;
- Έχει σχεδιαστεί ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες περιορισμού της;
- Τα πλαστικά στο σύνολο των απορριμμάτων συσκευασίας ταξινομούνται σε ξεχωριστές κατηγορίες για ανακύκλωση;
- Υπάρχει καθιερωμένο ρεύμα ανακύκλωσης για το κύριο πλαστικό υλικό (στην περιοχή ανάκτησης);
- Είναι δυνατή η αναγνωσιμότητα και η κατανόηση των πληροφοριών σχετικά με τη συσκευασία και σχετικά με τη σωστή απόρριψη;
- Μπορεί να μειωθεί το πάχος της συσκευασίας;
- Μπορεί να αλλάξει η γεωμετρία της συσκευασίας έτσι ώστε να γίνει εξοικονόμηση υλικών;
- Έχει σχεδιαστεί η επιφάνεια της συσκευασίας με τέτοιο τρόπο ώστε ο καταναλωτής / χρήστης να μπορεί να την αναγνωρίσει ως πλαστική;
- Έχει προσαρμοστεί (εάν είναι απαραίτητο) η επιφάνεια της συσκευασίας ώστε να επιτρέπει τη διαλογή στις κατηγορίες των πλαστικών;
- Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και άλλα πολυμερή για την αύξηση της ανακυκλωσιμότητας;
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν βιοπλαστικά έναντι πλαστικών που παράγονται από ορυκτά καύσιμα;
- Μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των διαφορετικών πολυμερών;
- Μειώθηκαν συνδυασμοί υλικών που δεν είναι συμβατοί με την ανακύκλωση;
- Μειώθηκε η ρύπανση της ροής υλικών ανακύκλωσης με βαφές, κόλλες και υπολείμματα ξένων υλικών;
- Έχει αποφευχθεί ο διαχωρισμός της συσκευασίας;
- Έχει καθοριστεί ότι η συσκευασία ήταν έτοιμη για ανακύκλωση;
- Υπάρχουν νομικές απαιτήσεις που πρέπει να τηρηθούν όταν γίνεται χρήση ανακυκλωμένων υλικών;
- Τα απορρίμματα συσκευασίας ταξινομούνται σε μία κατηγορία που προορίζεται για ανάκτηση ενέργειας σε αντίστοιχες εγκαταστάσεις (απόβλητα προς ενέργεια);

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα πολυστρωματικά υλικά χρησιμοποιούνται συχνά στην συσκευασία τροφίμων λόγω του ότι διατηρούν ασφαλές το περιεχόμενο και πληρούν πολλές απαιτήσεις. Ωστόσο θα πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να ικανοποιούνται οι παρακάτω προδιαγραφές:

- Να υπάρχει ενισχυμένη νομοθεσία για την αποφυγή χημικών προβλημάτων.
- Να μην χρησιμοποιούνται τοξικά υλικά τα οποία μειώνουν την προοπτική επαναχρησιμοποίησης.
- Τα πολυμερή θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο *REACH**.
- Να πραγματοποιείται ασφαλής και βιώσιμος σχεδιασμός σε όλους τους κύκλους ζωής.
- Να γίνει μείωση του πλαστικού μιας χρήσης.
- Να δημιουργηθούν βάσεις δεδομένων, κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού, δοκιμές.
- Να υπάρχει συμμόρφωση, ανάπτυξη μεθόδων εφαρμογής.
- Να αποφεύγονται οι χημικές ουσίες που προκαλούν ανησυχία στο χώρο εργασίας (Trier, 2020).

**REACH*

Ο κανονισμός REACH είναι κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης που θεσπίστηκε με στόχο την καλύτερη προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος από τους κινδύνους που μπορεί να ενέχουν τα χημικά προϊόντα, καθώς και για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της χημικής βιομηχανίας της ΕΕ. Επίσης, προάγει εναλλακτικές μεθόδους για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας των ουσιών με σκοπό τη μείωση του αριθμού των δοκιμών που διεξάγονται σε ζώα.

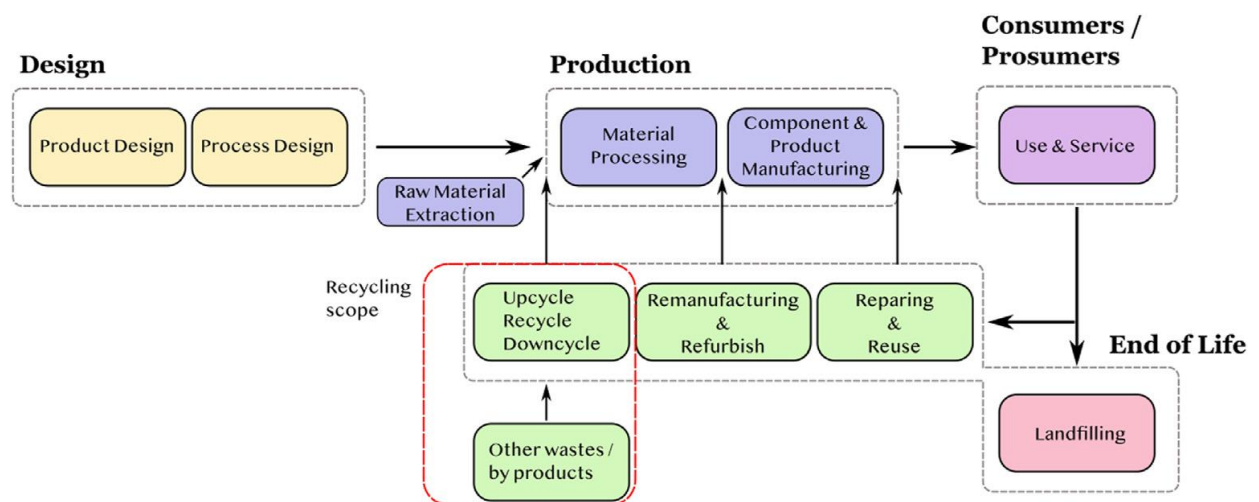


Εικόνα 60. Αναπαράσταση δομής πολυστρωματικού υλικού

Recycle (Ανακύκλωση)

Ως ανακύκλωση χαρακτηρίζεται η διαδικασία κατά την οποία ανακτώνται τα αρχικά υλικά από τα οποία αποτελούνται τα προϊόντα. Αυτά τα υλικά μπορούν στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθούν για την κατασκευή άλλων προϊόντων. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται επιπλέον ενέργεια τόσο στην καταστροφή του παλαιού προϊόντος όσο και στην παραγωγή του νέου, καθώς επίσης χρόνος, χρήματα, τεχνολογία και ανθρώπινο δυναμικό για την εκτέλεση αυτών των εργασιών. Για τη βέλτιστη χρήση της τιμής που είναι ενσωματωμένη σε ένα προϊόν, προτιμάται η διάρκεια ζωής ενός προϊόντος να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη πριν ανακυκλωθεί. Ωστόσο, οι περισσότερες συσκευασίες έχουν μικρό χρόνο ζωής και ελάχιστη έως καθόλου αξία όταν σπαταλώνονται συγκριτικά με το πρωτογενές υλικό. Μόνο το 9% όλων των πλαστικών που παράγονται έχουν ανακυκλωθεί και μόνο το 10% αυτού του ποσοστού έχει ανακυκλωθεί περισσότερες από μία φορές (TU DelftX, 2019).

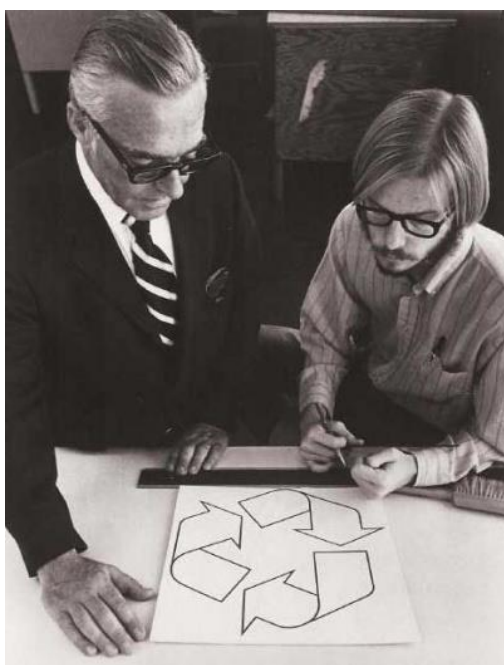
Κάθε είδος υλικού χρειάζεται να ακολουθήσει μια συγκεκριμένη διαδρομή ανακύκλωσης. Τα πιο γνωστά υλικά που οδηγούνται σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης είναι το PP (πολυπροπυλένιο), PE (πολυαιθυλένιο), PET (τερεφθαλικός πολυεστέρας), PS (πολυστυρόλιο), χαρτί, αλουμίνιο κ.λπ.



Εικόνα 61. Απεικόνιση της προοπτικής κύκλου ζωής προς όφελος της αειφορίας.
Προσαρμογή από (Ford και Despeisse, 2016).

Το αρχικό σύμβολο της ανακύκλωσης

Το αρχικό σύμβολο ανακύκλωσης εφευρέθηκε για πρώτη φορά από τον Gary Anderson το 1970. Ο Gary Anderson, 23 ετών, ήταν τελειόφοιτος (senior) στο “University of Southern California”. Δημιούργησε το λογότυπο ανακύκλωσης κατά τη συμμετοχή του στο “International Design Conference” ως μέρος ενός εθνικού διαγωνισμού για μαθητές γυμνασίου και κολλεγίου που χρηματοδοτήθηκε από την “Container Corporation of America”. Ο διαγωνισμός πραγματοποιήθηκε ως απάντηση στη συνεχή αύξηση της ευαισθητοποίησης των καταναλωτών και του περιβαλλοντικού κινήματος και ως απάντηση στην πρώτη “Earth Day” στις 22 Απριλίου 1970. Το σύμβολο ανακύκλωσης του Gary Anderson (που ονομάζεται επίσης “Möbius loop”) έχει επανασχεδιαστεί και χρησιμοποιηθεί σε πολλές χώρες του κόσμου από τότε μέχρι σήμερα.



Εικόνα 62. Φωτογραφία κατά τη σχεδίαση του αρχικού συμβούλου ανακύκλωσης από τον Gary Anderson

Το σύμβολο του μικρού τριγώνου στο κάτω μέρος των πλαστικών φιαλών σημαίνει ότι το υλικό είναι ανακυκλώσιμο ή θα ανακυκλωθεί αργότερα, αλλά αυτό δεν σημαίνει πάντα ότι μπορεί να είναι ανακυκλώσιμο.

Ο αριθμός (με το σύμβολο ανακύκλωσης γύρω του) υποδεικνύει την ποιότητα του πλαστικού και μπορεί επίσης να δώσει πληροφορίες για την ασφάλεια και τις χρήσεις αυτού του αντικειμένου. Κάθε χώρα φυσικά ακολουθεί διαφορετικές τεχνολογίες και αντίστοιχες πολιτικές για την επεξεργασία των αποβλήτων της.



Εικόνα 63. Διάφορα είδη πλαστικών συσκευασιών με τα σύμβολα αναγνώρισής τους

“Green Dot”

Το Green Dot (Γερμανικά: Der Grüne Punkt) είναι το σύμβολο ενός ευρωπαϊκού δικτύου συστημάτων χρηματοδοτούμενων από τη βιομηχανία για την ανακύκλωση υλικών συσκευασίας καταναλωτικών αγαθών.

Το 1992, η Ευρωπαϊκή Ένωση εισήγαγε την οδηγία “Packaging Waste Directive” (PWD) για τη μείωση της ποσότητας συσκευασιών που καταλήγουν στον χώρο υγειονομικής ταφής. Η PWD δήλωσε ότι οι παραγωγοί πρέπει να συνεισφέρουν στην πληρωμή για την ανακύκλωση απορριμμάτων συσκευασίας στην αγορά.

Κάθε κράτος μέλος εφάρμοσε το δικό του σύστημα για να ικανοποιήσει τις ανάλογες απαιτήσεις. Ένας οργανισμός που ονομάζεται Duales System Deutschland AG (DSD) ιδρύθηκε από τους Γερμανούς και δημιούργησε το σύμβολο του εμπορικού σήματος Green Dot (Der Grüne Punkt), το οποίο σχεδιάστηκε για να λειτουργεί ως σήμα απόδειξης ή χρηματοδότησης, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών. Συχνά το σύμβολο αυτό εσφαλμένα θεωρείται ως σύμβολο ανακύκλωσης, ότι δηλαδή η συσκευασία που το φέρει μπορεί να ανακυκλωθεί.



Εικόνα 64. Σύμβολο “Green Dot”

Η διαδικασία ανακύκλωσης συσκευασιών

Η ανακύκλωση “κλειστού βρόχου” είναι η διαδικασία συνεχούς μετατροπής των αποβλήτων σε νέα υλικά ίσης ή υψηλότερης ποιότητας, ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν είτε για την ίδια χρήση είτε για μια νέα. Ως εκ τούτου, η ανακύκλωση ενός υλικού υψηλής ποιότητας σε ένα υλικό χαμηλότερης ποιότητας θεωρείται “down cycling” επειδή η τιμή της είναι μικρότερη από την αρχική. Για κάθε υλικό συσκευασίας (όπως μέταλλα, χαρτόνι, πλαστικό ή γυαλί), απαιτούνται διαφορετικές τεχνικές ανακύκλωσης, ωστόσο μια γενική διαδικασία ανακύκλωσης αποτελείται πάντα από τα ακόλουθα βήματα:

- Συλλογή απορριμμάτων συσκευασίας.
- Χειροκίνητος ή αυτοματοποιημένος διαχωρισμός διαφορετικών υλικών ή / και ταξινόμηση ανά τύπο.
- Επανεπεξεργασία απορριμμάτων συσκευασίας σε νέες πρώτες ύλες.
- Εφαρμογή ανακυκλωμένων υλικών για την κατασκευή νέων συσκευασιών.

Ανακύκλωση πλαστικού

Διαδικασίες ανακύκλωσης πλαστικών:

Γενικά, οι διαδικασίες ανακύκλωσης πλαστικών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: μηχανική και χημική ανακύκλωση.

- Μηχανική ανακύκλωση

Η μηχανική ανακύκλωση είναι η πιο κοινή μέθοδος και συνήθως συνίσταται στη μείωση μεγέθους (δηλαδή τεμαχισμός ή κονιοποίηση) των πλαστικών απορριμμάτων μετά την οποία το υλικό ταξινομείται, πλένεται, ξηραίνεται, εξωθεΐται και συχνά αναμιγνύεται. Τα μεγάλα αντικείμενα ενδέχεται να πρέπει πρώτα να τεμαχιστούν σε μικρότερα κομμάτια και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν. Η σύνθεση (compounding) είναι η διαδικασία ανάμειξης άλλων πολυμερών, πρόσθετων και πληρωτικών προκειμένου να δημιουργηθεί ένα πλαστικό σκεύασμα που πληρεί ορισμένες απαιτήσεις.

- Χημική ανακύκλωση

Η χημική ανακύκλωση αφορά την μετατροπή πλαστικών απορριμμάτων σε μονομερή, με χημικό τρόπο, για τη δημιουργία νέων πολυμερών. Οι ιδιότητές τους είναι παρόμοιες με εκείνες των παρθένων πλαστικών, αλλά η απαιτούμενη ενέργεια για την επεξεργασία τους (energy input) είναι υψηλότερη από ό, τι για τα μηχανικά ανακυκλωμένα πλαστικά. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η χημική ανακύκλωση δεν είναι (ακόμη) εμπορικά βιώσιμη (TUDelftX, 2019).

Τρόποι ταξινόμησης πλαστικών απορριμμάτων σε ανακυκλωτικά κέντρα:

Τα απορρίμματα συσκευασίας μετά τον καταναλωτή (Post-consumer packaging waste) είναι μια ετερογενής ροή αποβλήτων. Αφότου τα πλαστικά διαχωριστούν από μία μικτή ροή, πρέπει στη συνέχεια να διαχωριστούν και με βάση τον τύπο τους. Έπειτα το αποκτηθέν υλικό πρέπει να καθαριστεί και να αναγεννηθεί ή να υποβληθεί σε διαφορετική επεξεργασία, προκειμένου να αποκτηθεί υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή νέων συσκευασιών ή άλλων προϊόντων. Για να πετύχει αυτό απαιτούνται τεχνολογίες διαχωρισμού, οι οποίες αναλύονται στην συνέχεια, όπως “Sink-Float Density Separation”, “X-Ray Technology”, “NIR (Near Infrared Spectroscopy)”. Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούν τις ιδιότητες του υλικού συσκευασίας (όπως αγωγιμότητα ή ικανότητα απορρόφησης ακτινοβολίας) ως κριτήριο ταξινόμησης. Κατά συνέπεια, όλες οι υπάρχουσες παραδοσιακές τεχνολογίες διαχωρισμού περιορίζονται σε αυτές τις ιδιότητες υλικού (Gasde et al., 2020).

Αφότου τα πλαστικά διαχωριστούν από μία μικτή ροή, πρέπει να διαχωριστούν και ανάλογα με τον τύπο τους.

Βασικές τεχνολογίες:

- Διαχωρισμός με επίπλευση (Sink-Float Density Separation)

Τα μεικτά πλαστικά απορρίμματα εισάγονται σε ένα λουτρό επίπλευσης. Τα πλαστικά διαχωρίζονται με βάση την πυκνότητά τους σε σύγκριση με την πυκνότητα του υγρού στο οποίο βρίσκονται. Ορισμένα πλαστικά βυθίζονται στο υγρό, ενώ άλλα επιπλέουν.

- Τεχνολογία ακτίνων X (X-Ray Technology)

Οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται για τη διάκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων πολυμερών ανάλογα με την πυκνότητά τους.

- Χρήση της φασματοσκοπίας NIR ακτινοβολίας (Near Infrared Spectroscopy)

Όταν τα πλαστικά δέχονται ακτινοβολία, την αντανακλούν στην περιοχή υπερέρυθρου (NIR), οπότε ένας αισθητήρας NIR μπορεί να διακρίνει τα υλικά με βάση αυτή την ανάκλαση. Η φασματοσκοπία NIR είναι λιγότερο κατάλληλη για πλαστικά με σκούρα χρώματα, καθώς απορροφούν σχεδόν όλο το φως (TU Delft, 2019).

Δυσκολίες κατά την διαδικασία ανακύκλωσης πλαστικών από στερεά απόβλητα:

Υπάρχει πληθώρα προκλήσεων σε ότι αφορά την ανακύκλωση των πλαστικών, από το κόστος διαλογής και τον διαχωρισμό ανά τύπο, χρώμα, μέχρι τη διαχείριση των τοξικών συστατικών χρωστικών και των καταλοίπων που συχνά περιέχονται στη συσκευασία του τύπου αυτού. Επιπλέον κάποιοι τύποι πλαστικών είναι ευκολότερο να ανακυκλωθούν έναντι άλλων, όπως για παράδειγμα το PET συγκριτικά με το PS ή το PVC.

Η σημερινή πολυπλοκότητα που πηγάζει από τη χρήση συνδυασμών υλικών δημιουργεί συχνά εμπόδια στην χάραξη της κυκλικής οικονομίας. Ενώ υπάρχουν εργαλεία και μέθοδοι για τη δημιουργία σύνθετων σχηματισμών πλαστικών προϊόντων, η αποτελεσματική ανακύκλωση των μικτών πλαστικών αποβλήτων είναι μία μεγάλη πρόκληση για τον τομέα της ανακύκλωσης, καθότι είναι δύσκολο να εντοπιστούν και να διαχωριστούν τα υλικά, να διατηρηθεί η ποιότητα και η ασφάλεια. Για την επιτυχή ανακύκλωση μικτών πλαστικών, πρέπει να πραγματοποιηθεί διαλογή υψηλής απόδοσης των υλικών αυτών, για να διασφαλιστεί ότι οι διάφοροι τύποι πλαστικού διαχωρίζονται σε υψηλά επίπεδα καθαρότητας. Επιπλέον τα μίγματα μεμονωμένων πολυμερών μπορούν επίσης να έχουν υψηλότερη τιμή στην αγορά και να χρησιμοποιούνται μόνα τους ή σε μίγματα με νέα υλικά. Χωρίς αυτά, οι επενδυτές δεν βλέπουν πιθανές αποδόσεις για να δικαιολογήσουν επενδύσεις σε νέες διαδικασίες, υποδομές, επιχειρηματικά μοντέλα και R&D (Research and development) για να καλύψουν τα κενά καινοτομίας.

Αποτελέσματα ερευνών σε ευρωπαϊκές εγκαταστάσεις διαλογής, μέσω προηγμένων τεχνικών, όπως φασματοσκοπίας υπέρυθρης ακτινοβολίας (FTIR), της Διαφορικής Θερμιδομετρίας Σάρωσης (DSC), της Μικροσκοπίας πολωμένου φωτός, της Χρωματογραφίας και της Φασματομετρία Ατομικής Εκπομπής με Επαγωγικά Συζευγμένο Πλάσμα (ICP-OES), σε περισσότερα από 100 διαφορετικά προϊόντα πλαστικής συσκευασίας δείχνουν ότι ορισμένα είδη αποβλήτων αποτελούνται από μίγματα έως εννέα διαφορετικών πολυμερών.

Πέρα από το ότι ορισμένα είδη πλαστικών στερεών αποβλήτων, είναι δύσκολο να διασπαστούν κατά την ανακύκλωση, συχνά η χρωστική τους περιέχει τοξικά ιχνοστοιχεία. Η ανακύκλωση του πρωτογενούς πλαστικού υλικού μπορεί να πραγματοποιηθεί το πολύ δύο με τρεις φορές καθότι μέσω της θερμότητας η αντοχή και η σταθερότητα του μειώνεται.

Συχνά οι πλαστικές συσκευασίες συνήθως περιέχουν και άλλα συστατικά, όπως χαρτί και διάφορα χημικά στοιχεία, μέταλλα όπως Ca, Al, Na, Zn και Fe και αλογόνα όπως Cl και F, που εμφανίζονται σε συγκεντρώσεις μεταξύ 1 και 3000 ppm. Αυτά εμποδίζουν σε πολλές περιπτώσεις την ανακύκλωση “κλειστού βρόχου” και απαιτούν προηγμένα στάδια προεπεξεργασίας, αυξάνοντας το συνολικό κόστος ανακύκλωσης.

Ο σχεδιασμός προϊόντων για ανακύκλωση παρέχει μεγάλες δυνατότητες να βελτιώσει την απόδοση σε τέτοιες προσπάθειες. Για παράδειγμα, ένα πλαστικό μπουκάλι το οποίο έχει μεταφερθεί σε τομέα ανακύκλωσης, στην πραγματικότητα πρέπει να διαχωριστεί σε κομμάτια δια χειρός, τα οποία είναι το σώμα του μπουκαλιού, το καπάκι και η πλαστική ή χάρτινη ετικέτα για ένα μπουκάλι PET.

Η βελτίωση των διαδικασιών στη διαλογή και το διαχωρισμό σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης δίνουν περαιτέρω δυνατότητες τόσο για υψηλότερους όγκους ανακύκλωσης όσο και για καλύτερη οικολογική αποδοτικότητα μειώνοντας τα κλάσματα απορριμμάτων, τη χρήση ενέργειας και νερού.

Σύγκριση ανακυκλωσιμότητας μετάλλου-πλαστικού:

Το μέταλλο ανακυκλώνεται πολύ περισσότερο έναντι του πλαστικού. Πολλοί πιστεύουν πως αυτό συμβαίνει εξαιτίας της χαμηλότερης αξίας του πλαστικού. Στην πραγματικότητα όμως το πλαστικό έχει μεγαλύτερη αξία από το μέταλλο όταν ανακυκλώνεται. Ο λόγος για τον οποίο το μέταλλο υπερτερεί έναντι του πλαστικού σε ότι αφορά την ανακύκλωση είναι γιατί είναι ευκολότερη η ανακύκλωση του. Τα μέταλλα έχουν διαφορετικές πυκνότητες, διαφορετικές ηλεκτρικές και μαγνητικές ιδιότητες καθώς και αισθητές χρωματικές διαφορές (χαλκός, μπρούντζος, ατσάλι και τιτάνιο, αλουμίνιο, μαγνήσιο). Αντιθέτως τα είδη των πλαστικών έχουν πανομοιότυπες (ταυτόσημες) ή παρόμοιες ιδιότητες. Επιπλέον παράγονται σε οποιοδήποτε χρώμα. Έτσι ο διαχωρισμός τους δεν λειτουργεί το ίδιο εύκολα, όπως του μετάλλου (Biddle, 2011).

Περιπτώσεις εφαρμογών σύγχρονων τεχνικών στις διαδικασίες της ανακύκλωσης

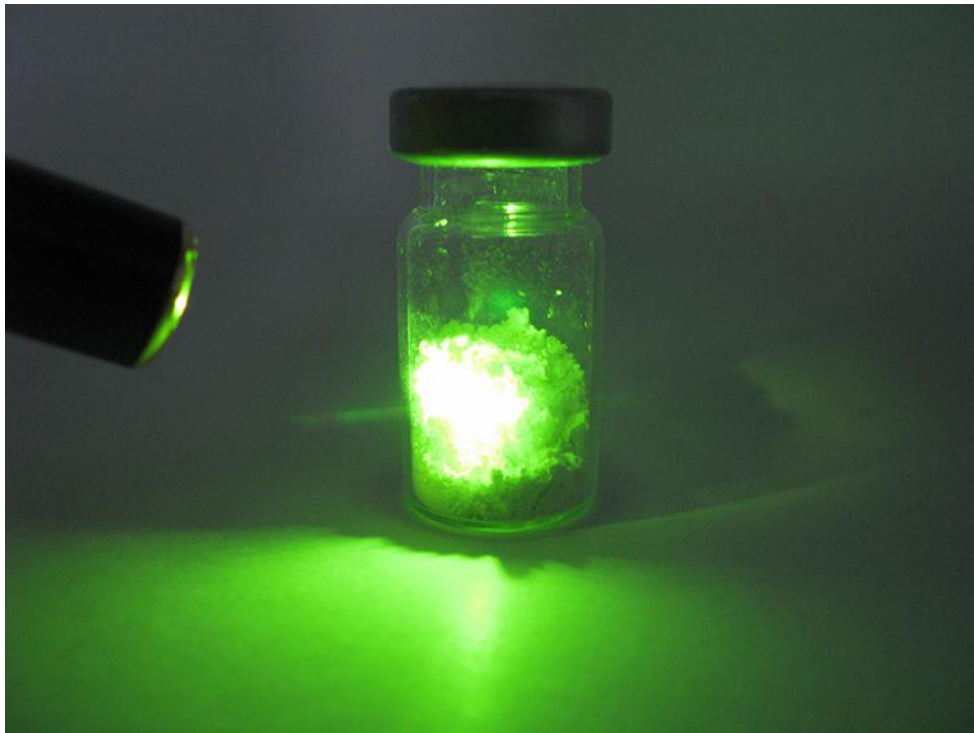
Προκειμένου να βελτιωθεί η ανακύκλωση των πλαστικών συσκευασιών και να επιτευχθούν υψηλοί ρυθμοί ανακύκλωσης σύμφωνα με το νόμο και όπως ορίζεται από το κοινό, απαιτούνται νέες προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση των απορριμμάτων πλαστικών συσκευασιών. Αρκετές επιχειρήσεις, μέσω ισχυρών συνεργασιών, έχουν επιτύχει καθαρή και αυξημένη ανακύκλωση με πρότυπες μονάδες ταξινόμησης και νέες τεχνολογίες διαχωρισμού. Πλαστικά προερχόμενα από ανακυκλωμένους πόρους είναι το ίδιο καλά με τα συμβατικά πλαστικά, που είναι κατασκευασμένα από πετροχημικά.

Η περίπτωση της SUEZ group

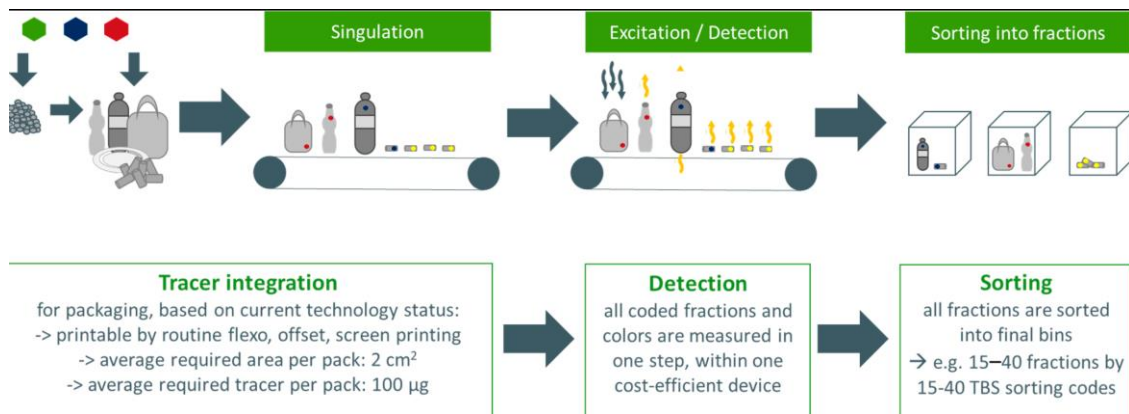
Στην Ολλανδία η SUEZ group έχει δημιουργήσει ένα αυτοματοποιημένο κέντρο υψηλής τεχνολογίας το οποίο ταξινομεί μεγάλους όγκους αποβλήτων. Όταν το πλαστικό ανακυκλώνεται ξεχωριστά από τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα υλικά είναι ευκολότερη η επεξεργασία του. Η επιχείρηση συλλέγει τα πλαστικά απορρίμματα και τα μεταφέρει σε μία προσβάσιμη τοποθεσία. Κομμάτια που δεν ανήκουν εκεί απομακρύνονται. Τα εναπομείναντα απορρίμματα μεταφέρονται σε μία υπερσύγχρονη εγκατάσταση στο Ρότερνταμ, η οποία επεξεργάζεται είδη πλαστικών συσκευασιών, δοχεία, χαρτοκιβώτια ποτών (drink cartons). Το σύστημα διαχείρισης των απορριμμάτων πλαστικού είναι πλήρως αυτοματοποιημένο και διαχωρίζεται σε πέντε είδη. Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται σε σχέση με το μέγεθος, το βάρος και την επιφάνεια (επίπεδα, τρισδιάστατα). Τα υπόλοιπα διαχωρίζονται με υπέρυθρη ακτινοβολία. Αφότου ελεγχθεί, αποθηκεύεται ανά είδος σε αποθήκες. Όταν μία από αυτές γεμίσει, αδειάζει αυτόματα. Το πλαστικό πιέζεται με πρέσες ανά είδος και στην συνέχεια είναι έτοιμο για μεταφορά σε διάφορες εγκαταστάσεις, οι οποίες θα το επεξεργαστούν. Μία από αυτές τις εγκαταστάσεις είναι το εργοστάσιο πλαστικού "QCP"(Quality Circular Polymers). Σε αυτό παράγονται πόροι για νέα προϊόντα από πλαστικά απορρίμματα. Αρχικά το πλαστικό κόβεται σε μικρά κομμάτια και στην συνέχεια πλένεται εντατικά. Αργότερα οι μικτές νιφάδες μεταποιούνται σε κόκκους ανακυκλωμένου πλαστικού. Από αυτούς τους ανακυκλωμένους πόρους παράγονται νέα προϊόντα.

Η περίπτωση της Polysecure GmbH

Στη Γερμανία η Polysecure GmbH έχει αναπτύξει μία τεχνολογία διαλογής που ονομάζεται Tracer-based Sorting (TBS). Η τεχνολογία αυτή που σημαίνει ότι τα απορρίμματα συσκευασίας μπορούν να ταξινομηθούν με μεγάλη ακρίβεια σε όλα τα επιθυμητά κλάσματα. Φθορίζοντα σωματίδια μπορούν να βοηθήσουν στον διαχωρισμό και την ταξινόμηση υλικών που έχουν παρόμοιες ιδιότητες. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι ο διαχωρισμός των πλαστικών που είναι ενισχυμένα με ίνες από εκείνα χωρίς ίνες. Αρκεί η ανάμειξη των ειδικών σωματιδίων φθορισμού σε χαμηλή συγκέντρωση σε ένα ή περισσότερα κλάσματα για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός τους. Οι τεμαχισμένες νιφάδες καθοδηγούνται από μια “κουρτίνα” διέγερσης με λέιζερ στην ειδικά διαμορφωμένη μηχανή διαλογής νιφάδων TBS. Οι επισημασμένες φθορίζουσες νιφάδες μπορούν να αναγνωριστούν από ειδικές κάμερες και να απομακρυνθούν από τη ροή σωματιδίων μέσω κατάλληλων βαλβίδων.



Εικόνα 65. Φθορίζοντα σωματίδια.



Εικόνα 66. Σχηματική απεικόνιση της ταξινόμησης πλαστικών με ιχνηθέτη (TBS)

Η εταιρεία Polysecure GmbH κέρδισε το Βραβείο Step και το Βραβείο StartGreen. Πιο πρόσφατα, τον Οκτώβριο του 2019, έλαβαν την πρώτη θέση στο 19^ο Βραβείο Περιβάλλοντος και Υγείας από το Βιοτεχνικό Επιμελητήριο του Αμβούργου και την ασφάλιση SIGNAL IDUNA.

Η περίπτωση της Werner & Mertz

Η Werner & Mertz χρησιμοποιεί ανακυκλωμένο PET (r-PET) σε συσκευασίες για διάφορα οικιακά και εμπορικά καθαριστικά. Αρχικά, το r-PET προήλθε από πλαστικά απόβλητα που μεταφέρονταν από επιχείρηση σε επιχείρηση, αλλά η W&M χρησιμοποιεί επίσης r-PET μετά τη χρήση από τον καταναλωτή. Η χρήση του r-PET είναι δυνατή χάρη στη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων στην αλυσίδα, όπως ο παραγωγός συσκευασίας Alpla, ο συλλέκτης απορριμμάτων Grüne Punkt και ο ειδικός του συστήματος αισθητήρων Unisensor. Η χρήση του r-PET μειώνει την ανάγκη για ορυκτά καύσιμα στην παραγωγή νέων συσκευασιών.



Εικόνα 67. Συσκευασία καθαριστικού από r-PET, Werner & Mertz. Πηγή:

Τα πλαστικά υλικά ως τομέας προτεραιότητας:

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσδιόρισε τα πλαστικά υλικά ως τομέα προτεραιότητας, με στόχο να ανακυκλώσει όλες τις πλαστικές συσκευασίες έως το 2030 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018). Κάτω από αυτό το πρίσμα, διαμορφώνονται πολλές και διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν αναγνωριστεί ως πολιτικές (π.χ. η απόφαση της Κίνας να περιορίσει τις εισαγωγές ορισμένων τύπων πλαστικών απορριμμάτων (Brooks et al., 2018)), οικονομικές (π.χ. αδύναμες ή ανύπαρκτες αγορές ανακυκλωμένων πλαστικών (Milios, 2018)), κοινωνικές (π.χ. πολιτιστικές νοοτροπίες και στάσεις απέναντι στους πόρους που ανακτώνται από τα απόβλητα (Blomsma, 2018)), τεχνικές (π.χ. σχεδιασμός για ανακύκλωση (Horvath et al., 2018)) και νομικές πτυχές (π.χ. τυποποίηση, σύμβολα ανακύκλωσης (Hennlock et al., 2015, Milios et al., 2018)).

Επομένως, η δημιουργία ενός συνολικού πλαισίου που βελτιώνει την οικονομία και την ποιότητα της ανακύκλωσης πλαστικών είναι βασικά ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί αξία από αυτούς τους δευτερεύοντες πόρους. Συγκεκριμένα, η ποιοτική αξιολόγηση υλικών, συστατικών και προϊόντων ανάντη και κατάντη του σημείου όπου απορρίπτονται ως απόβλητα είναι οι πιο σημαντικές πτυχές που πρέπει να καθοριστούν (Iacovidou et al., 2019).

Επίλογος – Συμπεράσματα

Στην πτυχιακή αυτή εργασία μελετήθηκαν και παρουσιάστηκαν συνοπτικά τα κυριότερα θεωρητικά μοντέλα και οι σχετικές έννοιες που αφορούν την αειφορία και τη βιωσιμότητα. Παρουσιάστηκαν τα βασικά περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολούν τον πλανήτη και την ανθρωπότητα, όπως το μείζον θέμα της κλιματικής αλλαγής. Αναζητήθηκαν οι ευθύνες και οι επιπτώσεις της σύγχρονης συσκευασίας στα προβλήματα αυτά. Μελετήθηκαν και διατυπώθηκαν προτάσεις αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων μέσω των εργαλείων και των επιχειρηματικών μοντέλων της κυκλικής οικονομίας. Στο ερευνητικό μέρος της εργασίας, παρουσιάστηκαν σύγχρονες προσεγγίσεις και εφαρμογές της συσκευασίας σύμφωνα με τις στρατηγικές της κυκλικής οικονομίας ανά τον κόσμο. Μέσα από αυτές αναδείχτηκε η δυνατότητα επιλογής και υλοποίησης κατάλληλων πρακτικών επαναπροσδιορισμού και εναρμόνισης της συσκευασίας με το περιβάλλον και τις ανάγκες μιας αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης σε παγκόσμια κλίμακα. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο οι δείκτες της οικονομίας αλλά και η ευημερία των ανθρώπων και η διατήρηση του περιβάλλοντος.

Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάστηκε ο ρόλος και τα υλικά της συσκευασίας από το παρελθόν μέχρι και σήμερα και διαπιστώθηκε ότι ο τομέας της συσκευασίας επηρεάζει σημαντικά τα επίπεδα ρύπανσης καθώς ευθύνεται όχι μόνο για την αλόγιστη χρήση πόρων για την κατασκευή της, αλλά επίσης για την έλλειψη σωστής πολιτικής διαχείρισης μετά τον κύκλο ζωής της και το τέλος της χρήσης της. Στο όνομα της “εξέλιξης” η συσκευασία έγινε σταδιακά όλο και πιο πολύπλοκη, ταυτόχρονα όμως πολυπλοκότερα και σύνθετα έγιναν και τα προβλήματα που προκλήθηκαν από τους λανθασμένους τρόπους διαχείρισής της. Αποδείχτηκε ότι η ανθρωπότητα δημιούργησε και χρησιμοποίησε υλικά για τα οποία δεν εκτίμησε τις δραματικές συνέπειες που θα επέφεραν στο περιβάλλον μετά το τέλος της ενεργής τους χρήσης.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, έγινε μία προσπάθεια επαναπροσδιορισμού της συσκευασίας, του τρόπου σχεδιασμού, κατασκευής, χρήσης και διαχείρισης αυτής μετά το τέλος της ζωής της. Μελετήθηκε και παρουσιάστηκε το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και οι θεωρίες γύρω από αυτή. Η ανάλυση του κύκλου ζωής αλλά και του σχετικού κόστους είναι εργαλεία τα οποία βοηθούν στο να αποσαφηνιστεί η κατάλληλη διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για τη δημιουργία μιας βιώσιμης συσκευασίας. Μέσω της πράσινης οικονομίας διαπιστώθηκε πως το θέμα της βιωσιμότητας ενός προϊόντος ή μιας συσκευασίας πρέπει να ερευνάται σφαιρικά, ώστε τα αποτελέσματα να είναι μακροπρόθεσμα και δίκαια στον τομέα του περιβάλλοντος, της οικονομίας, της κοινωνίας και της ηθικής.

Από την έρευνα που έγινε διαπιστώθηκε επίσης, πως είναι πιο αποδοτικό να λαμβάνεται υπόψη ο συνδυασμός κυκλικών στρατηγικών για ένα θετικό τελικό αποτέλεσμα. Από μία άποψη διαπιστώνεται πως τα ανανεώσιμα υλικά, είτε φυσικά, είτε ζωικά είναι αποδοτικά. Τα βιοδιασπώμενα υλικά έχουν δείξει μεγάλη εξέλιξη κυρίως στην αντικατάσταση των υλικών της συμβατής συσκευασίας μιας χρήσης με σύγχρονες, που διαθέτουν τη δυνατότητα επιστροφής στη φύση ενώ επιπλέον κάποιες από αυτές είναι και βρώσιμες. Μία άλλη διαπίστωση είναι πως ανανεώσιμα υλικά, τα οποία προέρχονται από απόβλητα προηγούμενων χρήσεων - εργοστασιακών, γεωργικών, κτλ.- συμβάλλουν στον κλειστό κύκλο αποκατάστασης και στην κυκλική οικονομία, καθώς δεν απαιτείται η κατανάλωση νέων πόρων για τη δημιουργία μιας νέας συσκευασίας. Επιπλέον, ο συνδυασμός κάποιων φυσικών υλικών μπορεί να δημιουργήσει ένα ακόμα πιο αποδοτικό υλικό με επιθυμητές ιδιότητες και αντοχές.

Από την άλλη η ανακύκλωση μπορεί να φέρει θετικά αποτελέσματα όταν υπάρχουν εκσυγχρονισμένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης και κέντρα διαλογής, όπως και σύγχρονες τεχνικές. Όταν η ανακύκλωση λόγω έλλειψης υποδομών δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μια περιοχή, είναι

προτιμότερο να επιλέγονται στρατηγικές όπως εκείνης της επαναχρησιμοποίησης και των ανανεώσιμων υλικών. Διαπιστώθηκε ότι τα επαναχρησιμοποιούμενα υλικά αφενός μεν βοηθούν στην μείωση της εξόρυξης και κατανάλωσης πόρων, αφετέρου όμως θα πρέπει να συνεκτιμάται επίσης, το κόστος και η κατανάλωση ενέργειας για τη μεταφορά τους. Όλες οι βιώσιμες συσκευασίες θα πρέπει υποχρεωτικά να φέρουν σχετικές ενδείξεις και σύμβολα, με βάση τη νομοθεσία ενώ οι καταναλωτές από τη μεριά τους θα πρέπει να μπορούν να τα αναγνωρίζουν.

Συμπερασματικά, για να υπάρξουν ουσιαστικά και άμεσα αποτελέσματα, οι πρακτικές αντιμετώπισης πρέπει να είναι συστηματικές και συντονισμένες από τις χώρες-κράτη, κυρίως από τις πιο ανεπτυγμένες, οι οποίες ευθύνονται για τα μεγαλύτερα ποσοστά ρύπανσης του περιβάλλοντος. Παράλληλα χρειάζεται εξατομικευμένη μελέτη καθότι μια τακτική η οποία μπορεί να είναι αποδοτική για μία περιοχή δεν σημαίνει αυτόματα πως θα είναι το ίδιο αποτελεσματική σε μία άλλη. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής, διαφορετικά η τακτική αυτή ενδέχεται όχι μόνο να μην επιτύχει αλλά επιπλέον μπορεί να επιφέρει αρνητικό πρόσημο με καταστροφικές συνέπειες στη βιοποικιλότητα και την οικονομία του τόπου αλλά και του πλανήτη γενικότερα. Τέλος, η μετάβαση σε κυκλικά μοντέλα θα πρέπει να είναι ομαλή ώστε να μην προκύπτουν κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα.

Βιβλιογραφία-Παραπομπές

- McKenzie, S., 2004. Social Sustainability: Towards some definitions, Hawke Research Institute Working Paper Series No 27. Ανακτημένο στις 12/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.unisa.edu.au/siteassets/epi-server-6-files/documents/eass/hri/working-papers/wp27.pdf>
- MacArthur, D. E., Waughray, D, Stuchtey, M. R., 2016. The New Plastics Economy Rethinking the Future of Plastics, Ellen Macarthur Foundation. Ανακτημένο στις 16/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundationThe>
- Potocnik, J., 2013. Towards the Circular Economy, Economic and business rationale for an accelerated transition, Ellen Macarthur Foundation. Ανακτημένο στις 12/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
- Ellen Macarthur Foundation, 2014. Accelerating the scale-up across global supply chains, Towards the Circular Economy. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://eco.nomia.pt/contents/documentacao/towards-the-circular-economy-volume-3.pdf>
- De Menna, F., Loubiere, M., Dietershagen, J., Dietershagen, M., 2016. Methodology for evaluating LCC. Ανακτημένο στις 10/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο:
https://www.researchgate.net/publication/305404034_Methodology_for_evaluating_LCC#pdf
- Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2018. Βιοποικοδομήσιμα Πολυμερή. Ανακτημένο στις 18/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY348/2018-19/chapter9.pdf>
- European Commission, 2020. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. Ανακτημένο στις 19/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf
- Amos, Uniamikogbo, Atu 2016. Sustainability and triple Bottom line: An overview of two interrelated concepts. Ανακτημένο στις 12/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
https://www.researchgate.net/publication/322367106_SUSTAINABILITY_AND_TRIPLE_BOTTOM_LINE_AN_OVERVIEW_OF_TWO_INTERRELATED_CONCEPTS
- Guinée, J. B., Heijungs., R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., and Rydberg, T., 2011. Life cycle assessment: Past, present, and future, *Environ. Sci. Technol.* 45, 1, 90–96. Ανακτημένο στις 10/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es101316v>
- Global Footprint Network, (n.d.). Ecological footprint. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>
- R2pi Project, (n.d.). Ανακτημένο στις 10/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο:
<http://www.r2piproject.eu/about/>
- Albuquerque, T.L.M., Mattos, C.A., Scur, G., and Kissimoto, K., 2019. Life cycle costing and externalities to analyze circular economy strategy: Comparison between aluminum packaging and tinplate. *Journal of Cleaner Production*, 234, 477-486. Ανακτημένο στις 10/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619320487?casa_token=di3CoE0mLGUAAAAA%3A4XSPI2bPKpqNUPLY-4pQo3n_6EQx1jC6bdty03z_iajB9BbRANnf72ePdtZEHljYycarx3Zvw

- Amam, (n.d.). Ανακτημένο στις 17/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.a-ma-m.com/agarplasticity>
- European Commission, 2015. Sustainable food packaging from food waste. Ανακτημένο στις 8/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/sustainable-food-packaging-food-waste>
- Suez, (n.d.). An automated HI-TECH centre At ROTTERDAM, in the NETHERLANDS, sorts larger volumes of waste. Ανακτημένο στις 6/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.suez.com/en/our-offering/success-stories/our-references/rotterdam-automated-sorting-plant>
- Bayer, E. (n.d.). Transcript of "are mushrooms the new plastic?" Ανακτημένο στις 10/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.ted.com/talks/eben_bayer_are_mushrooms_the_new_plastic/transcript#t-458784
- Behance. (n.d.). Peel saver - ecological Fries packaging. Ανακτημένο στις 13/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.behance.net/gallery/69674825/Peel-Saver-ecological-fries-packaging>
- Biddle, M. (2011). We can recycle plastic. Ανακτημένο στις 23/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.ted.com/talks/mike_biddle_we_can_recycle_plastic/up-next#t-73279
- BiocoracPLUS, (n.d.). The New Bio-Lacquer Produced In Italy Recycling The Waste OF TOMATO PROCESSING, BiocoracPLUS project. Ανακτημένο στις 7/11/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.ideassonline.org/public/pdf/Bio-lacquerTomato-ENG.pdf>
- Bosnas, G. (n.d.). Biodegrapak. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://georgebosnas.com/portfolio/biodegrapak/>
- Bjorn, A., Owsianiak, M., Molin, C., Hauschild, M.Z., 2017. LCA History, Life Cycle Assessment, Springer, pp. 17-30. Ανακτημένο στις 10/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56475-3_3
- Youyang Song, (n.d.). Cooking New Materials, Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://youyangsong.com/biomaterial-from-biowaste>
- European Bioplastics, 2020. Bioplastics. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>
- sugarcane org., (n.d.). Sugar Cane. Ανακτημένο στις 7/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://sugarcane.org/bioplastic/>
- Casazza, E., Slaughter, R., Smith-Gillespie, A., (n.d.). Handbook, HOW COMPANIES CAN START THEIR "CIRCULAR INNOVATION JOURNEY". Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.csreurope.org/s/Handbook_Circular-Innovation-Journey_0.pdf
- ceguide org., (n.d.). Cascading. Ανακτημένο στις 16/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.ceguide.org/Strategies-and-examples/Dispose/Cascading>
- Chomsky N., Pollin R., Polychroniou, C. J., 2020. Climate Crisis and the Global Green New Deal, Verso books
- Circular Delft, (n.d.). Circular economy. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://circulardelft.wixsite.com/tudelft/circular-economy>

- McDonough, W., 2017. Cradle to cradle. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://mcdonough.com/cradle-to-cradle/>
- EPEA GmbH, (n.d.). Cradle to cradle. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://epea.com/en/about-us/cradle-to-cradle>
- EPA, 2020. Defining hazardous waste: Listed, characteristic and mixed radiological wastes. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.epa.gov/hw/defining-hazardous-waste-listed-characteristic-and-mixed-radiological-wastes#listed>
- Lees, F. 2012. Eco-Indicator in Lees' Loss Prevention in the Process Industries. Ανακτημένο στις 10/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/eco-indicator>
- EFSA, 2016. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal*, 14 (6) e04501. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2016.4501>
- European Commission, (n.d.). A European Green Deal. Ανακτημένο στις 10/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Ellen MacArthur Innovation Foundation, 2020. New upstream innovation guide offers practical solutions to the plastic pollution crisis. Ανακτημένο στις 8/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/new-upstream-innovation-guide-offers-practical-solutions-to-the-plastic-pollution-crisis>
- European Commission, (n.d.). Life-cycle costing. Ανακτημένο στις από το διαδικτυακό τόπο: <https://ec.europa.eu/environment/gpp/lcc.htm>
- Eskander Samir., Saleh Hosam El-Din Mostafa , 2017, Biodegradation: Process Mechanism, *Environmental Science and Engineering* 8, 1-31. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: [\(PDF\) Biodegradation: Process Mechanism \(researchgate.net\)](#)
- Eurostat, (n.d.). Circular economy. Ανακτημένο στις 22/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/circulareconomy/>
- Eno & Co. (n.d.). Ανακτημένο στις από το διαδικτυακό τόπο:<https://rethink-plastic.com/#https://www.youtube.com/watch?v=Iw6FCdVeBNE>
- Ellen MacArthur Foundation, (n.d.). Evoware. Ανακτημένο στις 8/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.newplasticseconomy.org/innovation-prize/winners/evoware>
- Earthday, 2020. The history of Earth Day. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.earthday.org/history/>
- Fabio A. Cruz Sanchez, Hakim Boudaoud, Mauricio Camargo, Joshua M. Pearce, 2020, Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy, *Journal of Cleaner Production*. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:[Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy - ScienceDirect](#)
- Gasde Johannes, Woidasky Jörg , Moesslein Jochen, Lang-Koetz Claus, 2020, Plastics Recycling with Tracer-Based-Sorting: Challenges of a Potential Radical Technology. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/258/pdf>
- Grimm, D., Wösten H. A. B., 2018. Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied Microbiology and Biotechnology* 102, 7795-7803. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό

τόπο: [https://www.researchgate.net/publication/326497609 Mushroom cultivation in the circular economy](https://www.researchgate.net/publication/326497609_Mushroom_cultivation_in_the_circular_economy)

- International Union for conservation of nature, (n.d.). Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.iucn.org/>
- IUCN, (n.d.). World Conservation Strategy: Living resource conservation for sustainable development. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.environmentandsociety.org/mml/iucn-ed-world-conservation-strategy-living-resource-conservation-sustainable-development>
- Hopewell, J., Dvorak, R., Kosior, E., 2009. Plastics recycling: Challenges and opportunities, The Royal Society Publishing. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2008.0311#d3e1536>
- Καρακασίδης Ν.Γ. , 1999, Ειδικά Θέματα Συσκευασίας, Εκδ. Ίων, Αθήνα
- Kadzińska, J., Janowicz, M., Kalisz, S., Bryś, J., and Lenart, A., 2019. An overview of fruit and vegetable edible packaging materials. Packaging Technology and Science 32 (10) 483-495. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pts.2440>
- Verghese, K. and Lewis, H., 2012. Packaging for sustainability, p. 8. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=x67sP0jeAZkC&oi=fnd&pg=PR6&dq=sustainability%2Bpackaging%2Bdefinitions&ots=2PPmqWPq2h&sig=cZ7MF1mJR2fTrXyd57nlw78RTFo&redir_esc=y#v=onepage&q=sustainability%20packaging%20definitions&f=false
- Kenton, W., 2021. Triple bottom LINE (TBL) definition. Ανακτημένο στις 10/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.investopedia.com/terms/t/triple-bottom-line.asp>
- King, A., Burgess, S., Ijomah, W., & McMahon, C., 2005. Reducing waste: Repair, recondition, remanufactured or recycle? Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sd.271>
- Lex - 52011dc0363 - EL. (n.d.). Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52011DC0363&from=PT>
- Lex access to European Union law. (n.d.). Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0398R%2801%29>
- Circular Ecology, 2020. Life cycle assessment. Ανακτημένο στις 9/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.circularecology.com/lca.html>
- Rewine, (n.d.). LifeRewine. Ανακτημένο στις 26/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.rewine.cat/>
- Magical mushroom company, (n.d.). Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.magicalmushroom.com/>
- Gaylord Nelson, (n.d.). Meet Gaylord Nelson, founder of Earth Day. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.nelsonearthday.net/nelson/>
- Morelle, R., 2019. Mariana Trench: Deepest-ever sub DIVE Finds plastic bag. Science Correspondent, BBC News. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.bbc.com/news/science-environment-48230157>
- Morseletto, P., 2020. Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919304598>

- Μουσιόπουλος, Ν, Ντζιαχρήστος, Λ, & Σλίνη, Θ., 2016. Αειροφία και Ανάπτυξη, εκδ. Κάλλιπος. Ανακτημένο στις 18/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο:<https://repository.kallipos.gr/handle/11419/1014>
- Mushroom packaging, (n.d.). Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://sustainabilityguide.eu/support/mushroom-packaging/>
- MycoComposite™, (n.d.). Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://ecovatedesign.com/myocomposite>
- Verghese, K., Lewis, H., Fitzpatrick, L., eds. (n.d.) Packaging for sustainability, Springer. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=x67sP0jeAZkC&oi=fnd&pg=PR6&dq=sustainability+packaging+definitions&ots=2PPmqWPq2h&sig=cZ7MF1mJR2fTrXyd57nlw78RTFo&redir_esc=y#v=onepage&q=sustainability%20packaging%20definitions&f=false
- paradisepackaging.co, (n.d.). Paradise packaging. Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.paradisepackaging.co/>
- bio4pack.com (n.d.). PLA packaging. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.bio4pack.com/embalaje-de-pla/>
- natureandmore.com (n.d.) Plastic free zones at the upcoming international trade fairs. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.natureandmore.com/en/plastic-free-zones-at-the-upcoming-international-trade-fairs>
- Notpla, (n.d.). Ανακτημένο στις 28/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.notpla.com/>
- Παπαδάκης Σπυρίδων Ε., 2010, Συσκευασία Τροφίμων, Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- polysecure.eu (n.d.). Tracer-Based-Sorting sorgt für Ordnung im Abfallstrom. Ανακτημένο στις 28/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.polysecure.eu/sortieren/>
- Pongrácz E., 2007. The Environmental Impacts of Packaging. Environmentally Conscious Materials and Chemicals Processing, 237 - 278. University of Oulu, Finland. Ανακτημένο στις 19/11/2020 από το διαδικτυακό τόπο:
https://www.researchgate.net/publication/229796182_The_Environmental_Impacts_of_Packaging
- heritagepaper.net, 2018. Pros and Cons of biodegradable packing peanuts. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.heritagepaper.net/pros-and-cons-of-biodegradable-packing-peanuts/>
- Recognized by industry leaders - get certified - Cradle to Cradle Products Innovation Institute. (n.d.). Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:<https://www.c2ccertified.org/get-certified/recognition>
- c2ccertified.org, (n.d.). RePack. Ανακτημένο στις 17/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.repack.com/impact/>
- Sawarkar, A., Shrimankar, D., Kumar, A., Kumar, A., Singh, E., Singh, L., Kumar, R., 2020. Commercial clustering of Sustainable bamboo species in India. *Industrial Crops and Products*, 154, 112693. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669020306099>
- suez.com (n.d.). An automated hi-tech centre at Rotterdam, in the Netherlands, sorts larger volumes of waste. Ανακτημένο στις 16/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο:
<https://www.suez.com/en/our-offering/success-stories/our-references/rotterdam-automated-sorting-plant>

- surfrider.eu, 2019. Let's discover the 2019 environmental report. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://surfrider.eu/en/learn/news/lets-discover-the-2019-environmental-report-121701209723.html>
- Trier Xenia, 2020, The EU Chemicals Strategy for Sustainability implications for FCM. Ανακτημένο στις 17/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.youtube.com/watch?v=fQUk3vi9TFY>
- TUDelftX, 2019. Sustainable Packaging in a Circular Economy. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.edx.org/course/sustainable-packaging-in-a-circular-economy>
- twenty.care, 2020. Sustainable packaging award. Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://twenty.care/blog-1/2016/9/14/lorem-ipsam-dolor-sit-amet-1>
- mirjamdebruijn.com (n.d.). Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://mirjamdebruijn.com/twenty>
- UN world Commission on environment and development, (n.d.). Our common future. Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.environmentandsociety.org/mml/un-world-commission-environment-and-development-ed-report-world-commission-environment-and>
- UNFCCC (n.d.). The Paris Agreement. Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/what-is-the-paris-agreement>
- UNFCCC(n.d.). Timeline. Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://unfccc.int/timeline/>
- United nations, Sustainable development Knowledge Platform, (n.d.). RIO+20: United Nations conference on sustainable Development. Ανακτημένο στις 17/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://sustainabledevelopment.un.org/rio20>
- theworldcounts.com, (n.d.). The world Counts. Ανακτημένο στις 18/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.theworldcounts.com/stories/interesting-facts-about-plastic-bags>
- Yang, Y., Liu, H., Wu, M., Ma, J. and Lu, P., 2020. Bio-based antimicrobial packaging from sugarcane bagasse nanocellulose/nisin hybrid films. *International Journal of Biological Macromolecules* 161, 627-635. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813020335224?via%3Dihub>
- Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας, (n.d.). Άρθρο 2, ορισμοί. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.opengov.gr/minenv/?p=8142>
- Zhang, G. and Zhao, Z., 2012. Green packaging management of Logistics enterprises, *Physics Procedia.*, 24 B, 900-905. Ανακτημένο στις 15/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389212001782>
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2010. Κίνδυνοι από τη χρήση της δισφαινόλης Α. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-7-2010-2255_EL.html
- echa.europa.com, (n.d.). Κατανόηση του REACH. Ανακτημένο στις 17/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://echa.europa.eu/el/regulations/reach/understanding-reach>
- naturess-hellas.com, 2014. Τί σημαίνει βιοδιασπώμενο ?. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://naturess-hellas.com/about/%CF%84%CE%AF-%CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CE%B9-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%80%CF%8E%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF/>

- hellasecoproducts.com (n.d.). Τι σημαίνει λοιπόν βιοδιασπώμενο;. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.hellasecoproducts.com/viodiaspomena/>
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014. Η Κυκλική Οικονομία, Συνδέοντας, δημιουργώντας και διατηρώντας την αξία, Εκδ. Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ανακτημένο στις 12/11/2021 από το διαδικτυακό τόπο: http://publications.europa.eu/resource/cellar/c8cfd1ae-6285-40ba-879f-f2e78e4c2b6e.0020.03/DOC_1
- Glavič, P., Lukman, R., 2007. Review of sustainability terms and their definitions, *Journal of Cleaner Production*, 15 (18) 1875-1885. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652607000029?via%3Dihub>
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2018. Μικροπλαστικά: πηγές, επιπτώσεις, λύσεις. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20181116STO19217/mikroplastika-piges-epiptoseis-luseis>
- Science History Institute, (n.d.). History and Future of Plastics. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.sciencehistory.org/the-history-and-future-of-plasticshttps://>
- Sylvie N., 2019. Henkel Sustainability Report. Ανακτημένο στις 23/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.henkel.com/resource/blob/1038544/af1684b38200328128a80b5dd18e485e/data/2019-sustainability-report.pdf>
- Kadzinska, J., Janowicz, M., Kalisz, S., Brys, J., Lenart, A., 2019. An over-view of fruit and vegetable edible packaging materials. *Packag Technol Sci* 32, 483–495.
- EPA, (n.d.). United States Environmental Protection Agency. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.epa.gov/hw/defining-hazardous-waste-listed-characteristic-and-mixed-radiological-wastes#listed>
- VPRO Backlight, 2007. Ανακτημένο στις 30/9/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.youtube.com/watch?v=4pwCFH1LkCw>
- cea.org.cy, (n.d.). Η Κυκλική Οικονομία. Ανακτημένο στις 23/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: http://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2018/07/kikliki_oikonomia.pdf
- Ζουμπούλης Α., Πελέκα Ε., Τριανταφυλλίδης Κ., 2015. Εισαγωγή στην Πράσινη Χημεία, εκδ. Κάλλιπος. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/2321>
- Laslu, G., Mustatea, G., (n.d.). Active and Intelligent Packaging, Unit 10 in Ecodesign In Food Packaging. Ανακτημένο στις 9/11/2020 από το διαδικτυακό τόπο: http://www.ecosign-project.eu/wp-content/uploads/2018/09/FOOD_UNIT10_EN_Lecture.pdf
- Μπαδέκα Α, 2012. Υλικά Συσκευασίας. Ειδικά Θέματα Τεχνολογίας Τροφίμων. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ανακτημένο στις 13/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: http://ecourse.uoi.gr/pluginfile.php/97434/mod_resource/content/2/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%9D%CE%9C%CE%A0%CE%A3%20%CE%A3%CF%85%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1.pdf
- Καναβούρας Αντώνιος, 2015. Συσκευασία Τροφίμων, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Έκδοση: 1.0, Αθήνα. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://oceclass.aua.gr/>

- europa.eu (n.d.). Sustain graph, Determination of current and future sustainability trends in the global European market. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/sdg_multi-stakeholder_platform_input_to_reflection_paper_sustainable_europe2030.pdf

Πίνακες

- Πίνακας 1. Verghese K., Lewis H., 2012. Packaging for sustainability, p.12. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=x67sP0jeAZkC&oi=fnd&pg=PR6&dq=sustainability%2Bpackaging%2Bdefinitions&ots=2PPmqWPq2h&sig=cZ7MF1mJR2fTrXyd57nlw78RTFo&redir_esc=y#v=onepage&q=sustainability%20packaging%20definitions&f=false
- Πίνακας 2. Verghese K., Lewis H., 2012, Packaging for sustainability, p.8. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=x67sP0jeAZkC&oi=fnd&pg=PR6&dq=sustainability%2Bpackaging%2Bdefinitions&ots=2PPmqWPq2h&sig=cZ7MF1mJR2fTrXyd57nlw78RTFo&redir_esc=y#v=onepage&q=sustainability%20packaging%20definitions&f=false
- Πίνακας 3,4,5. Καραγιαννίδης Π. Γιώργος, Σιδερίδου Δ. Ειρήνη, 2006. Χημεία Πολυμερών, Θεσσαλονίκη, Εκδ. Ζήτη
- Πίνακας 6. Bjørn, A., Owsianiak, M., Molin, C., Hauschild, M. Z. 2017. LCA History. Ανακτημένο στις 17/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56475-3_3
- Πίνακας 7. De Menna, F., Loubiere, M., Dietershagen, J., Unger, N., Vittuari, M., 2016. Methodology for evaluating LCC. Ανακτημένο στις 18/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.researchgate.net/publication/305404034_Methodology_for_evaluating_LCC

Εικόνες

- Εικόνα 1a. IUCN, (n.d.). World Conservation Strategy: Living resource conservation for sustainable development. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.environmentandsociety.org/mml/iucn-ed-world-conservation-strategy-living-resource-conservation-sustainable-development>
- Εικόνα 1b. UN world Commission on environment and development, (n.d.). Report of the world Commission on environment and DEVELOPMENT: Our common future.. Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.environmentandsociety.org/mml/un-world-commission-environment-and-development-ed-report-world-commission-environment-and>
- Εικόνα 2. Global Footprint Network, (n.d.). Ecological footprint. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>
- Εικόνα 3. De-Graft Joe Opoku, Joshua Ayarkaw, Kofi Agyekum, 2018. Barriers to the adoption of Environmental Sustainability at the Design Stage of Projects, 7th International Conference on Infrastructure Development in Africa, Nigeria. Ανακτημένο στις 22/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.researchgate.net/publication/324720873_Barriers_to_the_adoption_of_Environmental_Sustainability_at_the_Design_Stage_of_Projects
- Εικόνα 4. Ecochange, 2020. The story of plastic – problem with(out) solutions. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://ecochange.co/blog-story-of-plastic-problem-with-solution/>
- Εικόνα 5. Eurostat, (n.d.). Packaging waste statistics. Ανακτημένο στις 22/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging_waste_statistics#Waste_generation_by_packaging_material
- Εικόνα 6. : Jie Zhao, Laville S., Taylor M., 2017. A million bottles a Minute: World's plastic binge 'AS dangerous as climate change', Guardian News & Media Limited. Ανακτημένο στις 22/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.theguardian.com/environment/2017/jun/28/a-million-a-minute-worlds-plastic-bottle-binge-as-dangerous-as-climate-change>
- Εικόνα 7. Freischlad N., 2019. In Indonesia, cleaning up the Citarum, 'the world's dirtiest river', is now a military operation. Ανακτημένο στις 18/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.scmp.com/magazines/post-magazine/long-reads/article/2180655/indonesia-cleaning-citarum-worlds-dirtiest-river>
- Εικόνα 8. Petrisor, D., 2019. The status of plastic waste in the United States. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.environmentalpollutioncenters.org/news/the-status-of-plastic-waste-in-the-united-states/?fb_comment_id=2058004310912221_2599221760123804
- Εικόνα 9. SBS News, 2019. Deepest underwater dive in human history finds plastic on ocean floor. Ανακτημένο στις 18/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.sbs.com.au/news/deepest-underwater-dive-in-human-history-finds-plastic-on-ocean-floor>
- Εικόνα 10: DW, 2016. Air pollution is 'top health hazard IN europe'. Ανακτημένο στις 18/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.dw.com/en/air-pollution-is-top-health-hazard-in-europe/a-36489555>
- Εικόνα 11. Surfrider Foundation Europe, 2020. Break the PLASTIC WAVE: In JULY, say GOOBYE to Plastic. Ανακτημένο στις 18/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://surfrider.eu/en/learn/news/break-the-plastic-wave-in-july-say-goobye-to-plastic-121707204798.html>
- Εικόνα 12. Foundation Tara Ocean, 2019. Re-thinking the production of plastic: Meeting the challenge with policy makers and the private sector: Explore to understand, share to bring about change. Ανακτημένο στις 22/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://oceans.taraexpeditions.org/en/m/environment/mankind-the-ocean-pollution/ensemble-repenser-la-production-des-plastiques-avec-les-decideurs-et-le-secteur-prive/>
- Εικόνα 13. National Geographic Society, 2019. Microplastics. Ανακτημένο στις 17/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/microplastics/>

- Εικόνα 14. Abreu, A., & Pedrotti, M., 2019. Microplastics in the oceans: The solutions lie on land. Field Actions Science Reports, 19. Ανακτημένο στις 17/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://journals.openedition.org/factsreports/5290?lang=fr>
- Εικόνα 15. William McDonough, 2017. Cradle to cradle. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://mcdonough.com/cradle-to-cradle/>
- Εικόνα 16. WILLIAM MCDONOUGH + PARTNERS, 2016. Be green packaging recognized for cradle to cradle achievements. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://mcdonoughpartners.com/be-green-packaging-recognized-for-cradle-to-cradle-achievements/>
- Εικόνα 17. Bas Roelofs, Bas Hillerström, (n.d.). CREATING BUSINESS THROUGH CIRCULAR DESIGN, CIRCO International. Ανακτημένο στις 12/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.netherlandsworldwide.nl/binaries/en-nederlandwereldwijd/documents/publications/2020/04/22/circular-workshop-poland-presentation/20200310+%26+11+-+Warsaw+Workshop+.pdf>
- Εικόνα 18. Ellen MacArthur Foundation, 2019. Circular economy system diagram. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic>
- Εικόνα 19. a,b) Casazza, E., Slaughter, R., Smith-Gillespie, A., (n.d.). Handbook, HOW COMPANIES CAN START THEIR “CIRCULAR INNOVATION JOURNEY”. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.csreurope.org/s/Handbook_Circular-Innovation-Journey_0.pdf
- Εικόνα 20. Circular Ecology, 2020. Life cycle assessment. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://circularecology.com/lca.html>
- Εικόνα 21. Mattila T.J., 2018. Use of Input–Output Analysis in LCA. In: Hauschild M., Rosenbaum R., Olsen S. (eds) Life Cycle Assessment. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_14. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56475-3_14
- Εικόνα 22. De Menna, F., Loubiere, M., Dietershagen, J., Unger, N., Vittuari, M., 2016. Methodology for evaluating LCC. Ανακτημένο στις 15/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.researchgate.net/publication/305404034_Methodology_for_evaluating_LCC
- Εικόνα 23. ZeLoop, 2020. Circular economy. Ανακτημένο στις 12/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://medium.com/@zeloop/circular-economy-5ac5583c7eb1>
- Εικόνα 24 (a, b, c), (n.d.). Nature & more to eliminate millions of Packaging units with Natural Branding. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.eosta.com/en/news/nature-more-to-eliminate-millions-of-packaging-units-with-natural-branding>
- Εικόνα 25. TWENTY. (n.d.). Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://mirjamdebruijn.com/twenty>
- Εικόνα 26. El projecte. (n.d.). Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.rewine.cat/ca/el-projecte>
- Εικόνα 27. RePack. (n.d.). Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.repack.com/impact/>
- Εικόνα 28. European Bioplastics e.V., 2020. Bioplastic materials. Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>
- Εικόνα 29. Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2018. Βιοποικοδομήσιμα Πολυμερή, courses, Ανακτημένο στις 21/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY348/2018-19/chapter9.pdf>
- Εικόνα 30. Samir Eskander, Hosam El-Din Mostafa Saleh, 2017. Biodegradation: Process Mechanism, Environ. Sci. & Engg. 8, 1- 31. Ανακτημένο στις 23/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://www.researchgate.net/publication/312491332_Biodegradation_Process_Mechanism
- Εικόνα 31. Κατσουγιάννη Στυλιανή, 2008. Βιοδιασπώμενα πολυμερή στη σχεδίαση για το περιβάλλον, Διατριβή. Ανακτημένο στις 21/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/handle/11610/9225>

- Εικόνα 32. European Bioplastics Org. Ανακτημένο στις 15/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/waste-management/recycling/>
- Εικόνα 33. European Bioplastics e.V., 2020. Bioplastic materials. Ανακτημένο στις 12/2/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/standards/labels/>
- Εικόνα 34. Lewis, J., 2019. Why Styrofoam (Expanded Polystyrene) Should Be Banned Everywhere In The World. Ανακτημένο στις 15/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://medium.com/age-of-awareness/why-styrofoam-expanded-polystyrene-should-be-banned-everywhere-in-the-world-4101552f5e2b>
- Εικόνα 35a. Cory Levins, 2020. How to Tell if Packing Peanuts Are Biodegradable, Air Sea Containers. Ανακτημένο στις 15/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.airseacontainers.com/blog/are-packing-peanuts-biodegradable/>
- Εικόνα 35b. Joseph Hallas, 2021. Is Styrofoam Recyclable? The Answer's Not That Simple. Ανακτημένο στις 15/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://greencitizen.com/is-styrofoam-recyclable/>
- Εικόνα 36. seaweedpackaging, (n.d.). Agar bioplastics. Ανακτημένο στις 15/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://seaweedpackaging.com/2019/05/31/agar-bioplastic/>
- Εικόνα 37. Amam, (n.d.). Ανακτημένο στις 15/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.a-m-a-m.com/agarplasticity>
- Εικόνα 38, 39. Material District, 2016. Agar PLASTICITY: The exciting Potential Seaweed-based PACKAGING 2. Ανακτημένο στις 15/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://materialdistrict.com/article/agar-plasticity-exciting-potential-seaweed-based-packaging/agar-plasticity-the-exciting-potential-seaweed-based-packaging-2/>
- Εικόνα 40. Dell, (n.d.). Bamboo - nature's eco-friendly packaging solution. Ανακτημένο στις 29/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.dell.com/learn/jm/en/jmcorp1/corp-comm/bamboo-packaging>
- Εικόνα 41. Magical mushroom company, (n.d.). Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.magicalmushroom.com/>
- Εικόνα 42. Mushroom @ Packaging, (n.d.). Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://static1.squarespace.com/static/5c33b1a3c3c16a25b5b770db/t/5f482137b13d073650434cf7/1598562616715/Mushroom%20AE+Packaging+Data+Sheet+2020-website.pdf>
- Εικόνα 43. Magical Mushroom Company, (n.d.). Ανακτημένο στις 27/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.magicalmushroom.com/packaging>
- Εικόνα 44 (a,b,c), 45. Bosnas, G., (n.d.). Biodegrapak. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: https://georgebosnas.com/portfolio/biodegrapak/#group_9565-2
- Εικόνα 46. In Habitat, (n.d.). Ανακτημένο στις 10/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://inhabitat.com/100-biodegradable-edible-packaging-is-so-much-better-than-plastic/>
- Εικόνα 47. The Nature Bible. (n.d.). THINKING 'INSIDE' THE BOX. Ανακτημένο στις 22/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: http://www.thenaturebible.org.uk/new_frontiers_Thinking-inside-the-box.asp
- Εικόνα 48. Notpla. (n.d.), ubuntoo. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://ubuntoo.com/solutions/notpla>
- Εικόνα 49, 50. Margarita Talep, (n.d.). Desintegra.me desarrollo. Ανακτημένο στις 18/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://margaritatalep.com/Desintegra-me-desarrollo>
- Εικόνα 51,52. Behance, (n.d.). Peel Saver. Ανακτημένο στις 13/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.behance.net/gallery/69674825/Peel-Saver-ecological-fries-packaging>
- Εικόνα 53 (a, b), 54, 55. Song, Y. (n.d.). Cooking New Materials. Ανακτημένο στις 17/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://youyangsong.com/biomaterial-from-biowaste>
- Εικόνα 56. Gerritsen P., 2020. Bio4Pack - Rijststro verpakkingen, CIRCO. Ανακτημένο στις 28/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.circonl.nl/case/bio4pack-rijststro-verpakkingen/>
- Εικόνα 57. eosta, (n.d.). Ανακτημένο στις 12/2/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.natureandmore.com/en/plastic-free-zones-at-the-upcoming-international-trade-fairs>

- Εικόνα 58. BiocopacPLUS project, (n.d.). THE NEW BIO-LACQUER PRODUCED IN ITALY RECYCLING THE WASTE OF TOMATO PROCESSING. Ανακτημένο στις 7/11/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.ideassonline.org/public/pdf/Bio-lacquerTomato-ENG.pdf>
- Εικόνα 59. Cunningham, K. (2019, April 22). 11 strategies to make your packaging more sustainable, lumi blog. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.lumi.com/blog/11-strategies-to-make-your-packaging-more-sustainable>
- Εικόνα 60. Trier Xenia, 2020, The EU Chemicals Strategy for Sustainability implications for FCM. Ανακτημένο στις 17/12/2020 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.youtube.com/watch?v=fQUk3vi9TFY>
- Εικόνα 61. Sanchez, F., Boudaoud, H., Camargo, M., & Pearce, J., 2020. Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121602. Ανακτημένο στις 18/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620316498>
- Εικόνα 62, 63, 64. Bahraini A. (2020). Various world Recycling logos and their meanings, waste4change. Ανακτημένο στις 20/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://waste4change.com/blog/various-world-recycling-logos-and-their-meanings/>
- Εικόνα 65. Polysecure GmbH, (n.d.). Die Recycling-Revolution TBS. Ανακτημένο στις 28/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://www.polysecure.eu/sortieren/>
- Εικόνα 66. Johannes Gasde, Jörg Woidasky, Jochen Moesslein, Claus Lang-Koetz, 2020. Plastics Recycling with Tracer-Based-Sorting: Challenges of a Potential Radical Technology. *Sustainability*, 13, 258. Ανακτημένο στις 28/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://doi.org/10.3390/su13010258>
- Εικόνα 67. Netherlands Institute for Sustainable Packaging, (n.d.). Werner & Mertz uses recycled plastic in packaging. Ανακτημένο στις 29/1/2021 από το διαδικτυακό τόπο: <https://kidv.nl/werner-mertz-uses-recycled-plastic-in-packaging>